



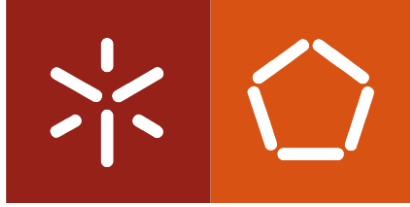
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Carolina Mónica Fernandes Dias

**Design de Estruturas Fibrosas Híbridas
para Aplicação Técnica**

Julho de 2009



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Carolina Mónica Fernandes Dias

Design de Estruturas Fibrosas Híbridas para Aplicação Técnica

Dissertação de Mestrado em Engenharia Têxtil
Área de Especialização Design e Marketing

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Raul Manuel Esteves Sousa Figueiro

Julho de 2009

Agradecimentos

No final deste trabalho, desejo exprimir o meu reconhecimento às pessoas e entidades, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho

Quero deixar uma palavra de agradecimento à Empresa Groz-Beckert Portuguesa, Lda., empresa na qual trabalhei nos últimos 2 anos, deixo aqui uma palavra de apreço, pela disponibilidade e incentivos, que me permitiram conciliar este trabalho com o meu desempenho profissional.

Ao Departamento de Engenharia Têxtil, mais propriamente ao Laboratório de Processos da Universidade do Minho, agradeço a disponibilidade dos meios colocados à minha disposição, assim como o suporte técnico de Investigadores e Técnicos que lá trabalham.

Ao meu Orientador, Professor Doutor Raúl Fangueiro, agradeço o aconselhamento, disponibilidade, apoio e incentivo ao longo de todo trabalho.

Quero deixar uma palavra de agradecimento muito especial, à Paula por todo o apoio, disponibilidade e motivação e incentivo ao longo de todo o trabalho.

Por último deixo uma palavra de agradecimento aos meus amigos, família e namorado que me apoiaram incondicionalmente ao longo deste trabalho.

Resumo

Os materiais fibrosos à base de fibras, têm sido utilizados pelo homem há largos milhares de anos, na produção de vestuário e artigos decorativos, devido às suas propriedades únicas de conforto, flexibilidade e cair. Estas aplicações representaram, durante muitos anos, o principal mercado dos materiais fibrosos. No entanto, os desenvolvimentos registados, no século passado, no que diz respeito ao desenvolvimento de novas fibras com desempenho mecânico, térmico e químico extremamente interessantes, fez despoletar uma vasta gama de aplicações dos materiais fibrosos. Deste modo, os materiais fibrosos, designados, neste caso, por têxteis técnicos, passaram a ser utilizados em situações onde o desempenho assume uma importância primordial e a estética um papel mais limitado.

A gama de aplicações dos materiais fibrosos tem-se alargado de forma crescente nos últimos anos. A sua aplicação em situações cada vez mais específicas, com requisitos técnicos cada vez mais exigentes, tem originado o desenvolvimento de novas fibras e novos acabamentos que respondam de forma eficiente às solicitações impostas por cada aplicação em particular. A forma como as fibras se dispõem no material, assume, nestes casos, papel fundamental no desempenho da estrutura. A este nível as estruturas mais usadas, na sua grande maioria, tecidos, malhas, não-tecidos e entrançados.

O desenvolvimento de estruturas fibrosas híbridas, combinando duas ou mais estruturas têxteis a partir de uma tecnologia de produção têxtil, tem sido pouco explorado ao longo dos últimos anos. As estruturas híbridas representam uma nova forma de resposta às exigências de aplicações cada vez mais específicas, onde uma estrutura só, não apresenta as características/propriedades necessárias para satisfazer os requisitos de desempenho impostos.

Este trabalho pretende precisamente explorar a hibridização de estruturas pelo método de agulhagem, tecnologia utilizada na ligação da manta de não-tecido. Esta tecnologia, apresenta um enorme potencial na produção de estruturas híbridas, uma vez que a ligação proporcionada pelas fibras na agulhagem permite ligar de forma consistente as diversas estruturas componentes.

As estruturas seleccionadas para este trabalho foram não-tecido, tecido (0/90°) e malha de trama em fibra de vidro. As estruturas foram ligadas por agulhagem, fazendo variar os parâmetros de agulhagem, no que diz respeito a número de passagens, assim como também o número de camadas. No sentido de avaliar a influência da combinação de estruturas no desempenho mecânico, foram realizados ensaios de tracção. Os resultados obtidos mostram que existe uma alteração do comportamento das estruturas à tracção quando estas são combinadas.

Abstract

Fibrous materials, based on fibres, have been used for thousands of years for the production of clothing and decorative items, due to their unique properties of comfort, flexibility and conformability. These applications were for many years, the main market for fibrous materials. However, the interesting developments occurred in the last century, regarding the appearance of new fibres with mechanical, thermal and chemical performances, led to a wide range of applications of fibrous materials. Thus, the fibrous materials, called, in this case, technical textiles, began to be used in situations where performance is of paramount importance and aesthetics have a limited importance.

The range of applications of fibrous materials has been extended and increasing in recent years. Their application in more specific situations, with technical requirements more demanding, has led the development of new fibres and new finishes in order to respond efficiently to the demands imposed by each particular application. The way the fibres are available in the material, took in these cases, key to the performance of the structure. At this level the most used structures are woven, knitting, nonwovens and braids.

The development of fibrous hybrid structures, combining two or more structures from a textile technology, has not been taken into consideration for research in recent years. Hybrid structures represent a new form of response to the specifications of very specific applications, where a single structure does not fulfil the characteristics / properties required to meet the performance requirements imposed.

This research work aims to explore specifically the hybridization of structures using the needle-punching technique, technology used on the bonding of non-wovens. This technology presents a huge potential in the production of hybrid structures, since the link provided by the fibre, during the needle-punching, allows the connection of the several layers.

The structures selected for this study were nonwoven, woven and knitted fabrics of glass fibre. The structures were bonded by needle-punching, by varying the parameters of needle-punching process as regards the number of passages, as well as

the number of layers. To assess the influence of a combination of structures in the mechanical performance, tensile tests were performed. The results show that there is a change of behaviour of the tensile structures when they are combined.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iv
CAPÍTULO I	1
INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Justificação.....	2
1.3. Objectivos	2
1.4. Metodologia	3
1.5. Estrutura da tese	3
CAPÍTULO II	5
ESTADO DA ARTE.....	5
2.1 Têxteis para aplicação técnica - definição	5
2.2 Processos para obtenção de têxteis técnicos	6
2.3 Introdução aos Materiais têxteis	8
2.3.1 Fibras e Filamentos	8
2.3.2 Fibras de elevado desempenho	9
2.4 Estruturas têxteis	14
2.4.1 Estruturas convencionais	14
2.4.1.1 Malhas	15
2.4.1.2 Tecido.....	17
2.4.1.3 Entrançado.....	17
2.4.1.4 Não-tecido	18
2.4.2 Estruturas direccionalmente orientadas – DOS	20
2.4.3 Estruturas Tridimensionais	22
2.4.3.1Malhas 3D.....	22

2.4.3.2 Tecidos Tridimensionais	27
2.4.3.3 Não tecidos 3D	29
2.4.3.4 Entrançados 3D	35
2.4.4 Estruturas Híbridas	37
2.4.4.1 Análise de patentes	40
2.5 Relação propriedades/Estrutura	44
CAPÍTULO III	49
MATERIAIS E PROCEDIMENTOS	49
3.1 Selecção da fibra	49
3.2 Estruturas têxteis utilizadas	49
3.3 Caracterização estrutural	50
3.2 Planificação das estruturas a produzir	52
3.3 Tecnologia de ligação das estruturas	55
CAPÍTULO IV	56
COMPORTAMENTO EM TRACÇÃO DAS ESTRUTURAS HÍBRIDAS	56
4.1 Procedimento de ensaio de tracção	56
4.2 Estruturas de base	57
4.2.3 Malha	60
4.3 Estruturas híbridas Tecido/Não-tecido	64
4.3.1 Estrutura híbrido 1.1 (<i>Não-tecido+Tecido+Não-tecido</i>)	64
4.3.2 Estrutura híbrida Não-tecido +Tecido+Não tecido	67
4.3.3 Estrutura híbrida Tecido+Não-tecido+Não-tecido	70
4.4 Estrutura híbrida Não-tecido/Malha	75
4.4 Análise térmica das estruturas híbridas de Tecido + Não-tecido	78
4.4.1 Estrutura híbrida não-tecido+tecido+não-tecido	78
4.4.2 Estrutura híbrida não-tecido+não-tecido+tecido	79
4.5 Análise de resultados	80

4.5.1 Comportamento Não tecido vs Híbrido (Não –tecido/Tecido).....	80
4.5.2 Comportamento Malha Vs Não-tecido/Malha.....	84
4.6 Discussão dos resultados.....	86
CAPÍTULO V	88
CONCLUSÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS	88
5.1 Conclusões	88
5.2 Perspectivas futuras	89
6. Referências Bibliográficas	90

Índice de Figuras

Figura 1 - Aplicações de têxteis técnicos.....	6
Figura 2 –Processo de obtenção de têxteis técnicos	7
Figura 3 – Malha de trama	15
Figura 4 Malha de Teia	16
Figura 5 - Agulhagem de manta de Não-tecido	19
Figura 6 - Orientações possíveis de estruturas têxteis	21
Figura 7 - Estrutura multiaxial aplicada a malha de teia	22
Figura 8 Método de produção de malhas de teia spacer em tear Raschel.....	23
Figura 9 - Exemplo de malha de teia spacer produzida em tear Raschel	23
Figura 10 - Malha spacer produzida em tear de malhade disco e cilindro	24
Figura 11 - Debuxo de malha spacer produzida em Tear de disco e cilindro.....	24
Figura 12 - Exemplo de malha de trama obtida em tear rectilíneo electrónico	25
Figura 13 – Debuxo da malha spacer.....	25
Figura 15 - Tecelagem 3D	27
Figura 14 -Tecelagem convencional 2D	27
Figura 16 - Equipamento a produzir tecido 3D [9].....	28
Figura 17 - Resumo das estruturas têxteis existentes.....	28
Figura 18 - Sistema de produção de não tecidos 3D - 3D Web Linker	29
Figura 19 – Não-tecido produzido pelo processo 3D Web Linker	29
Figura 20- Processo de ligação por pesponto – Maliwatt.....	30
Figura 21 - Processo de ligação por pesponto sem fio de ligação – Malivlies	31
Figura 22 - Processo Kunit	32
Figura 23 – Processo Multikunit.....	32
Figura 24 - Agulhadeira de produção de tubos de não-tecido da Dilo	33
Figura 25 - Santex Wavemaker - Cavitec AG	34
Figura 26 - Formas possíveis de obter com entrançados 3D (Ko, 1989).....	36
Figura 27 - Exemplo de produção de entrançado 3D [14].....	36
Figura 28 - Robot de costura da Altin.....	37
Figura 29 - Ilustração da formação do ponto de cadeia usado pela Altin.....	38
Figura 30 - Malha de teia multiaxial com junção de não-tecido - sistema LIBA.....	39

Figura 31 - Malha de teia multiaxial (DOS +Malha de teia) - sistema LIBA	39
Figura 32 - Estrutura híbrida utilizadas na produção de papel	40
Figura 33 - Ilustração do processo de fabricação da estrutura 3D híbrida - Tecido/Malha[15]	42
Figura 34 - Protótipo otimizado de fabricação da estrutura 3D híbrida - Tecido/Malha.[15]	43
Figura 35 - Esquema comparativo de estruturas.....	47
Figura 36 – Curvas de comportamento em tracção para um tecido e um malha [19] .	48
Figura 38 - Estruturas têxteis utilizadas.....	49
Figura 37 - Fibra de vidro	49
Figura 39 - Planificação das estruturas híbridas não-tecido/tecido	52
Figura 40 - Planificação das estruturas híbridas não-tecido/malha	54
Figura 41 - Equipamento de agulhagem utilizado na ligação das várias estruturas	55
Figura 42 - Ensaio de tracção sobre um provete de não tecido	57
Figura 43 - Comportamento em tracção da estrutura de não-tecido na direcção da máquina.....	57
Figura 44 - Comportamento em tracção da estrutura de não-tecido na direcção da máquina.....	58
Figura 45 - Ensaio de tracção a um provete de tecido	59
Figura 47- Comportamento à tracção do tecido na direcção da teia.....	60
Figura 46 - Comportamento à tracção do tecido na direcção da trama	60
Figura 48 – Ensaio de tracção à estrutura de malha.....	61
Figura 49 - Comportamento á tracção da estrutura de malha na direcção das colunas	62
Figura 50 – Comportamento à tracção da estrutura de malha na direcção das fileiras	63
Figura 51 - Comportamento da estrutura híbrida 1.1 na MD	65
Figura 52 - Comportamento da estrutura híbrida 1.1 na direcção transversal à máquina	66
Figura 53 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 na direcção de máquina.	68
Figura 54 – Comportamento do híbrido 1.2 na direcção transversal à máquina	69
Figura 55 - Comportamento da estrutura híbrida 1.3 na direcção da máquina.....	70
Figura 56 - Comportamento da estrutura híbrida 1.3 na direcção transversal à máquina	71

Figura 57 – Comportamento da estrutura híbrida 1.4 na direcção da máquina	73
Figura 58 – Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.4 na direcção transversal à máquina.	74
Figura 59 – Curva de comportamento das estruturas híbridas de malha combinada com não-tecido.....	76
Figura 60 – Curva de comportamento das estruturas híbridas na direcção das colunas.	77
Figura 61 – Imagens de captação de calor da amostra híbrida não-tecido/tecido/nãotecido	78
Figura 62 - Imagens de captação de calor da amostra híbrida não-tecido/não-tecido/tecido.....	79
Figura 63 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.1 em comparação com o tecido.....	80
Figura 64 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 em comparação com o tecido.....	82
Figura 65 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 em comparação com o tecido.....	83
Figura 66 - Curva de comportamento das estruturas híbridas em comparação com a malha, na direcção das fileiras	84
Figura 67 - Curva de comportamento das estruturas híbridas em comparação com a malha, na direcção das colunas	85

Índice de Quadros

Quadro 1 - Quadro comparativo das propriedades de fibras de elevado desempenho.	13
Quadro 2 - Análise de vantagens e limitações dos métodos de produção de malhas <i>spacer</i> .	26
Quadro 3 - Caracterização estrutural do tecido.	50
Quadro 4 - Caracterização estrutural do Não-tecido.	50
Quadro 5 - Caracterização estrutural da malha.	51
Quadro 6 – Comportamento à tracção do tecido à trama.	59
Quadro 7 - Comportamento á tracção do tecido á teia.	59
Quadro 8 - Comportamento à tracção da malha na direcção das colunas	61
Quadro 9 - Comportamento à tracção da malha na direcção das fileiras.	61
Quadro 10 - Comportamento à tracção da amostra 1.1	64
Quadro 11 - Comportamento da estrutura híbrida 1.2(não-tecido+tecido+não-tecido)	67
Quadro 12 - Comportamento à tracção das amostras 1.3 MD e CD.	70
Quadro 13 - Comportamento da estrutura híbrida 1.4 à tracção.	72
Quadro 14 - Comportamento à tracção das estruturas híbridas	75

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Actualmente o sector têxtil, tal como todos os outros sectores de actividade, enquadra-se num mercado em mudança que tem sofrido sucessivas metamorfoses. Neste difícil contexto do processo de globalização que envolve grandes mudanças tecnológicas e de métodos de gestão, e que é, em grande medida, irreversível, a indústria têxtil sediada na União Europeia tem que responder de forma a encontrar vantagens competitivas relevantes.

Na têxtil em geral, as inovações em termos de equipamentos e tecnologias não têm mostrado desenvolvimentos significativos. Nos últimos anos, assistiu-se sim a uma optimização das tecnologias já existentes, com aumentos de velocidade dos equipamentos, redução da emissão de gases e de consumo de energia, assim como a apresentação de equipamentos preparados para pequenas séries atendendo às mudanças da moda, conseguindo, deste modo, a rápida resposta e a flexibilidade necessárias.

Os têxteis técnicos passaram, desde há alguns anos, a ser responsáveis por quase um quarto de todo o consumo de produtos têxteis. Este alargamento das aplicações dos materiais fibrosos para áreas onde o desempenho técnico é fundamental, tem conduzido a desenvolvimentos muito interessantes, principalmente ao nível das fibras e dos produtos. Neste âmbito, podem destacar-se as fibras de elevado desempenho que vieram responder a necessidades muito específicas de diversos sectores industriais tendo, na maioria, como objectivo, a substituição de materiais convencionais. Por outro lado, ao nível dos produtos finais, tem-se verificado investimentos consideráveis na obtenção do desempenho, adequado à satisfação dos requisitos impostos por aplicações cada vez mais complexas e onde a utilização de um só produto/material se torna desadequada. Neste contexto, a combinação de propriedades de materiais e de estruturas tem sido alvo de elevado interesse por parte de todos os agentes envolvidos, desde a comunidade científica às próprias empresas.

Este trabalho pretende ser um contributo para a procura de soluções mais interessantes na solução de problemas complexos que combinam diversos factores simultaneamente.

1.2. Justificação

Este trabalho enquadra-se no desenvolvimento de produtos para aplicação técnica, onde o desempenho é fundamental e a componente estética assume papel secundário. As motivações para abordar a área dos têxteis técnicos prendem-se com o facto de se tratar de uma área em verdadeira expansão, onde os materiais têxteis valem não só pelo valor do produto mas também pelo carácter inovador do mesmo.

Ao longo das últimas décadas tem-se procurado combinar materiais/estruturas no sentido de responder às solicitações de aplicações muito específicas onde, por vezes, a utilização de um único material não satisfaz os requisitos impostos. Exemplo desta abordagem são os materiais compósitos que têm conhecido um crescimento de utilização nos últimos anos, em situações onde a relação peso/propriedades mecânicas é importante. Ao nível da combinação de estruturas têxteis verifica-se que existe ainda um longo caminho a percorrer no sentido de se perceber o seu potencial e, sobretudo, o comportamento oferecido por esta combinação, tendo em conta as orientações de fibras distintas que cada uma destas estruturas pode proporcionar. O efeito de hibridização está bem patente neste trabalho, onde se pretende estudar o comportamento de estruturas têxteis combinadas e, sobretudo, perceber o seu comportamento mecânico como forma de seleccionar campos de aplicação de interesse.

A pesquisa bibliográfica efectuada revelou enorme carência de conhecimentos neste domínio e, por outro lado, interesse acrescido das comunidades científica e industrial.

1.3. Objectivos

O presente trabalho tem como principal objectivo o estudo do comportamento mecânico de estruturas fibrosas híbridas, tendo como base a tecnologia de produção de não-tecidos agulhados. Assim, pretende-se utilizar uma linha de produção de não-

tecidos para efectuar a combinação de feltros agulhados com tecidos e malhas, no sentido de obter estruturas com sinergia de propriedades.

1.4. Metodologia

A metodologia seguida no decorrer deste trabalho englobou os seguintes aspectos:

Definição de objectivos

Os objectivos foram definidos com o intuito de desenvolver e avaliar o comportamento de estruturas têxteis híbridas.

Pesquisa bibliográfica

Foi efectuada uma pesquisa bibliográfica para conhecer o estado da arte quanto ao tema estabelecido. Esta pesquisa baseou-se em artigos científicos, patentes, actas de conferência e livros técnicos, tendo sido centrada nas estruturas têxteis híbridas, incluindo processos e propriedades.

Definição do plano de trabalho

O plano de trabalhos foi definido tendo em conta as seguintes etapas:

- Caracterização e/ou produção das estruturas de base;
- Avaliação das propriedades das estruturas de base;
- Desenvolvimento de estruturas fibrosas híbridas com base na tecnologia de não-tecidos agulhados;
- Caracterização estrutural das estruturas fibrosas híbridas;
- Avaliação do comportamento mecânico das estruturas fibrosas híbridas
- Redacção da dissertação

1.5. Estrutura da tese

A tese foi dividida em cinco capítulos principais. O primeiro capítulo denomina-se por *Introdução* e constam neste capítulo o enquadramento do trabalho, Justificação, objectivos, metodologia adoptada e estrutura da tese

O capítulo II é a análise do *Estado da Arte* no domínio têxtil. Neste capítulo encontra-se uma análise dos têxteis de aplicação técnica e processos de obtenção de têxteis técnicos. É feita também uma abordagem à área de fibras e filamentos e fibras de elevado desempenho. Mencionou-se também as estruturas têxteis, convencionais, direccionalmente orientadas, tridimensionais e híbridas. Para as estruturas híbridas realizou-se também uma análise de patentes existentes. Por último neste capítulo fez-se uma análise da relação propriedade/estrutura.

No capítulo III foram descritos os *Materiais e Procedimentos* adoptados no presente trabalho, assim como a planificação das amostras a preparar.

No capítulo IV são apresentados as curvas de *Comportamento à Tracção das Estruturas* simples e híbridas. É também apresentada uma análise da distribuição de calor, aquando do ensaio de tracção

Por último o capítulo V dá lugar às *Conclusões Finais e Perspectivas Futuras*.

CAPÍTULO II

ESTADO DA ARTE

2.1 Têxteis para aplicação técnica - definição

De acordo com a EURATEX, *the European Apparel and Textile Organisation*, não existe um conceito universalmente aceite para o que se pode designar por Têxteis Técnicos. Por um lado, Têxteis Técnicos são todos os produtos que não são têxteis tradicionais, excluindo-se, deste modo, têxteis para vestuário convencional e têxtil lar.

Segundo uma abordagem técnica, Têxteis Técnicos são definidos como têxteis que cumprem requisitos técnicos com vista a conferir elevado desempenho. [1]

Segundo uma abordagem de mercado, Têxteis Técnicos são um grupo de produtos que procura fornecer soluções para os vários desafios técnicos que se apresentam na sociedade, como por exemplo questões ambientais, segurança, saúde, entre outros [1].

Embora não exista uma definição universalmente aceite para os designados Têxteis Técnicos, segundo a *Techtextil* estes podem ser agrupados em 12 categorias de acordo com a sua aplicação, tal como se apresenta na Figura 1.

ICONES	APLICAÇÃO	ÁREAS ABRANGIDAS NA APLICAÇÃO	EXEMPLOS
	AGROTECH	Agricultura, horticultura, florestação, pesca	- coberturas, protecções, recolha - cordas, cabos - equipamentos e acessórios de pesca
	BUILDTech	Arquitectura e construção	- protecção - arquitectura - reforços - componentes
	CLOTHTECH	Componentes técnicos para vestuário e calçado	- componentes de calçado - isolamentos - costuras, soldaduras
	GEOTECH	Geotêxteis e têxteis para engenharia civil	- estabilização, separação, drenagem - reforço de solos - controlo de erosão - revestimentos
	HOMETECH	Componentes técnicos para mobiliário, decoração e revestimentos	- componentes de alcatifas - componentes de mobiliário - limpeza - compósitos - forros de colchões
	INDUTECH	Filtros e outras aplicações industriais	- filtros - têxteis para abrasivos - componentes de equipamentos eléctricos - mangueiras, tubos, cabos, cordas
	MEDTECH	Saúde e higiene	- higiene pessoal - tratamento cirúrgico e higiene medicinal - batas, colchões, marquesas
	MOBILTECH	Transportes	- telas para pneus, cintos, air-bags - têxteis para pilares e tectos - isolamentos, compósitos, filtros - tapetes e revestimentos do chão e bagageira - coberturas
	PACKTECH	Embalagem industrial e de consumo	- contentorização a granel, sacos - cordéis
	PROTECH	Protecção pessoal e de bens	- agentes químicos, biológicos e nucleares, poeiras - calor, fogo - balística, corte - alta-visibilidade, intempéries - flutuação, amarração
	SPORTTECH	Desporto e lazer	- equipamentos e componentes de desporto - equipamentos e componentes de campismo - vestuário
	ÔKOTECH	Protecção ambiental	- produtos incluídos nos exemplos anteriores

Fonte: David Rigby Associates

Figura 1 - Aplicações de têxteis técnicos

(Fonte: David Rigby Associates)

2.2 Processos para obtenção de têxteis técnicos

O processamento têxtil é bastante complexo, atendendo às inúmeras combinações possíveis, tanto a nível da matéria-prima, como a nível da preparação e acabamento do produto têxtil. A Figura 2 mostra os diferentes processos e respectivas combinações passíveis de serem utilizadas no desenvolvimento de produtos têxteis para aplicação técnica.

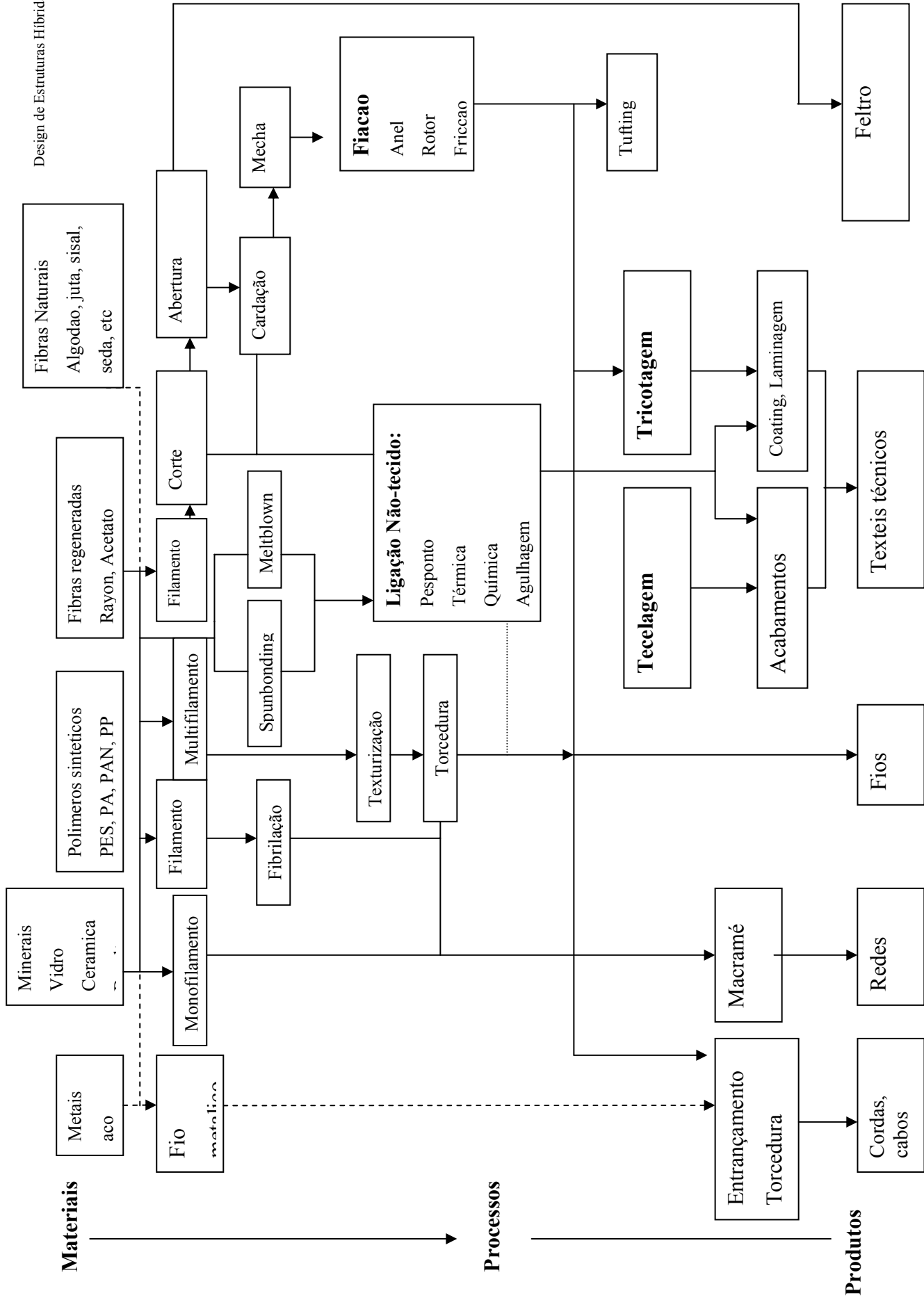


Figura 2 – Processo de obtenção de têxteis técnicos

Fonte: Handbook of Technical Textiles [2]

Tal como se mostra na Figura 2, o desenvolvimento tecnológico de têxteis técnicos, uma vez identificada a aplicação a que se destinam, ocorre ao longo de várias etapas. A primeira etapa é a selecção das fibras, que poderá ser de origem natural, sintética ou de celulose regenerada. A segunda etapa é a selecção do processo de transformação têxtil, que poderá ser: tecido, não-tecido, entrançado ou malhas, sendo que em cada um dos processos existem grandes variações, como é o exemplo dos não-tecidos que têm diferentes processos de obtenção da manta assim como diferentes métodos de ligação: térmico, químico, agulhado ou ainda por pesponto.

Após a selecção do processo é necessário seleccionar quais os acabamentos adequados à aplicação, com vista à obtenção de um produto com as características exigidas pela aplicação final.[2]

2.3 Introdução aos Materiais têxteis

2.3.1 Fibras e Filamentos

As fibras são o material de base para qualquer produto têxtil – de aplicação técnica ou não. Desta forma, torna-se essencial um bom conhecimento das fibras têxteis existentes no mercado, de forma a que a fibra seleccionada se adeque ao produto final.

a) Fibras naturais

As fibras naturais podem classificar-se quanto à origem, podendo ser de origem animal, vegetal ou mineral. Quanto à origem vegetal podem ainda classificar-se segundo a origem na planta, que pode ser: semente (ex. algodão), caule (linho) ou fruto (fibra de coco).

As fibras de origem Animal são provenientes do pêlo de animais, como é o caso da Lã de ovelha.

As fibras de origem Mineral são provenientes dos minerais das rochas, como é o caso da lã de rocha.[3]

b) Fibras Artificiais

As fibras Artificiais são fibras que provêm de macromoléculas naturais que são quimicamente tratadas de forma a serem extrudidas, como é o caso da Viscose.

c) Fibras sintéticas

Fibras sintéticas são fibras produzidas pelo homem usando como matéria-prima produtos químicos, da indústria petroquímica. As mais conhecidas são o poliéster (PES), a poliamida (PA), o acrílico (PAC), o polipropileno (PP) e o poliuretano elastomérico (PUR) (Elastano), além das Aramidas (Kevlar e Nomex).[3]

2.3.2 Fibras de elevado desempenho

As fibras de alto desempenho foram desenvolvidas para satisfazer requisitos muito específicos em aplicações técnicas, tais como: elevada resistência à tracção, resistência ao calor e/ou produtos químicos.

Estas fibras, são na generalidade, aplicadas a nichos de mercado, mas algumas são também produzidas em grandes quantidades.

a) Fibra de Vidro

É a fibra de elevado desempenho mais antiga, reportando o seu desenvolvimento ao ano de 1930. No início, a fibra de vidro produzida era bastante rígida, mas nada flexível, o que trazia restrições para a maioria das aplicações têxteis. Actualmente, a fibra de vidro apresenta uma vasta gama de propriedades fazendo com que encontre uma vasta área de aplicações, tais como: isolamento, resistência ao fogo, base de reforço para compósitos de plástico e até mesmo na construção civil

A fibra de vidro é produzida basicamente a partir da aglomeração de finíssimos filamentos flexíveis de vidro com resina poliéster (ou outro tipo de resina) e posterior aplicação de uma substância catalisadora de polimerização.

O filamento de vidro tem uma resistência específica mais alta (resistência à tracção/massa volumica) do que a do aço. Esta característica é o ponto de partida para o desenvolvimento de fibra de vidro para produzir compósitos de alto desempenho.[4]

b) Fibra de Carbono

Para a produção de fibras de carbono o método utilizado é a pirólise, ou seja, a decomposição pelo calor, de algum material rico em carbono que retém a sua forma fibrosa através de tratamentos térmicos que resultam em carbonização com alto resíduo carbonáceo.

As variantes das fibras de carbono diferem na condutividade eléctrica, térmica e na resistência química. Alterando o processo de fabrico pode obter-se fibras com elevado grau de rigidez e resistência necessárias para a aplicação a que se destinam. O factor primordial que define as propriedades da fibra é o grau de carbonização, normalmente maior que 92% do peso da fibra. A fibra de carbono é utilizada principalmente no reforço de plásticos, devido ao baixo peso, quando comparado com estruturas metálicas.

Os materiais carbonáceos podem ser naturais ou sintéticos e são utilizados como “fibra precursora”. Normalmente o cânhamo, o linho, e até mesmo o algodão, entre outros materiais naturais, têm rendimento pobre de carbono, as suas propriedades físicas, rigidez e resistência mecânica são fracas, não sendo por isso utilizados em estruturas que exigem esforço mecânico.

Os tecidos de carbono utilizados como reforços de resinas fenólicas, originaram trabalhos de investigação para o desenvolvimento de fibras cujas propriedades mecânicas foram sendo aperfeiçoadas até se chegar ao “rayon”. Ao desenvolver-se estas matérias-primas, iniciando-se na década de 1950 até o final da década de 1960, atingiu-se a produção de fibras de carbono de alta resistência. Um exemplo destes produtos é a fibra de poliácrlonitrilo (PAN). Esta é semelhante ao acrílico. As poliamidas e o álcool polivinílico são considerados fibras precursoras poliméricas sintéticas.

As propriedades da fibra de carbono podem ser moldadas através de variações no processo de tratamento térmico produzindo fibras com um módulo de elasticidade melhorado ou com uma tensão de cedência melhorada. O carbono aquecido no intervalo de 1500 a 2000 °C (carbonização) exhibe uma tensão de cedência melhorada (5650 MPa)

enquanto as fibras de carbono aquecidas de 2500 a 3000 °C (grafitização) exibem um módulo de elasticidade melhorado (531GPa).[5]

c)Aramida

As aramidas são poliamidas que derivam de ácidos e aminas aromáticas. Devido à estabilidade dos anéis aromáticos e à força das ligações entre os anéis, a aramida tem uma grande resistência à tracção e uma resistência ao calor superior às poliamidas alifáticas (nylon).

A aramida é uma fibra sintética que possui características únicas decorrentes da sua nobre estrutura molecular, que possibilita o desenvolvimento de um produto que possui alto módulo, baixo alongamento e, sobretudo, grande resistência ao impacto (daí sua grande utilização na área balística).

Existem dois tipos de aramidas: meta-aramida e para-aramida. Meta-aramida é uma fibra com propriedades excelentes de resistência térmica. Aplicam-se na maioria das vezes em vestuário de protecção e tecidos ou feltros industriais para filtração. [4]

d) **PBI** (Polibenzimidazol)

É uma fibra que apresenta como característica a elevada estabilidade da estrutura molecular aromática, o que confere uma elevada resistência térmica. PBI é uma fibra com elevado custo, devido ao alto custo da matéria-prima como também os custos de produção. Uma característica que identifica esta fibra é a cor laranja derivada ao polímero utilizado, esta cor é impossível de remover por branqueamento. PBI pode e deve ser misturado com aramida para reduzir o custo o custo e aumentar a resistência a tração. [4]

e) **PBO** (*polyphenylenebenzobisoxazole*) e **PI** (poliimida)

Trata-se de duas fibras com elevada resistência ao calor. Foram ambas recentemente adicionadas ao mercado. O PBO apresenta excelentes propriedades ao nível de resistência à tracção, assim como um elevado módulo, o que é indispensável para aplicações de reforço.

O PI, por sua vez é resistente à temperatura e caracteriza-se por apresentar uma secção transversal irregular, o que faz desta fibra uma boa candidata para filtração de gases quentes. [4]

f) **PPS** (Polifenilenosulfeto)

Fibra caracterizada por apresentar uma resistência térmica moderada mas a resistência química e ao fogo. É normalmente usada na filtração e noutras aplicações industriais. [4]

g) **Melamina**

Melamina é uma fibra conhecida pela sua elevada resistência à temperatura, mais propriamente é uma fibra que bloqueia a passagem do calor mesmo em zonas com chama. A baixa condutividade térmica do polímero é devida à resina de melamina. É muitas vezes misturada com a fibra de aramida para promover uma maior resistência à tracção necessária para algumas aplicações. [4]

h) **PTFE (politetrafluoretileno)**

O politetrafluoretileno oferece uma elevada resistência química, assim como uma boa estabilidade térmica. Tem como propriedade um baixo coeficiente de fricção que pode ser uma vantagem ou desvantagem, dependendo da aplicação. [3] [4]

i) **Polietileno de alta densidade (HDPE)**

O polietileno de alta densidade pode ser extrudido usando uma tecnologia especial para provocar elevada orientação molecular. As fibras resultantes combinam alta resistência à tracção com resistência química e ainda, baixo peso, o que faz com que tenha aptidão para cordas especiais para a marinha. Como HDPE é menos denso que a água, os produtos resultantes flutuam na água. [3] [4]

No Quadro I apresenta-se as propriedades de algumas fibras de elevado desempenho.

Quadro 1 - Quadro comparativo das propriedades de fibras de elevado desempenho.

Fibra	Nome comercial	Tipo	Densidade	Tenacidade (cN/tex)	Extensão à ruptura (%)	Ponto de fusão (°C)
Aramida	Nomex	Filamento	1,38	44-53	15-30	370
	Kevlar 29	Filamento	1,44	190-276	4	550
Carbono	Tenax	Filamento	1,8	95-150	0,5	3600
Vidro	Fiberglas	Filamento	2,45	70-120	2-5	—
Vidro	E-fiber	Filamento	2,52-2,54	80-140	2-2,35	—
PTFE*	Teflon	Filamento	2,1-2,3	8-18	20-40	327-342
Polietileno (HD**)	Spectra Dyneema	Filamento	0,97	340-360	3-6	124-138

(Fonte: "Chemiefaser Lexicon" [3])

2.4 Estruturas têxteis

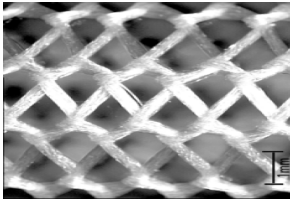
Segundo Araújo [6], as estruturas têxteis podem classificar-se como:

- Convencionais/Planas ou 2D;
- Estruturas direccionalmente orientadas (DOS);
- Tridimensionais (3D);
- Híbridas.

2.4.1 Estruturas convencionais

As estruturas têxteis convencionais são produzidas por técnicas de tecelagem, tricotagem, entrançamento ou não-tecidos e são utilizadas maioritariamente nos produtos têxteis tradicionais, como o vestuário e os têxteis-lar, ou em acessórios para a produção destes. Actualmente, estas estruturas são igualmente utilizadas em aplicações técnicas diferentes do vestuário ou dos têxteis-lar.

2.4.1.1 Malhas



As malhas são estruturas têxteis baseadas no entrelaçamento de fios sob a forma de laçadas ou malhas que se apoiam lateral e verticalmente, provenientes de um ou mais fios. Podem dividir-se em: malhas de trama e teia. [7]

a) Malhas de Trama

As malhas de trama são produzidas a partir de um ou mais fios de trama que são transformados, através de laçadas, formando uma linha horizontal.

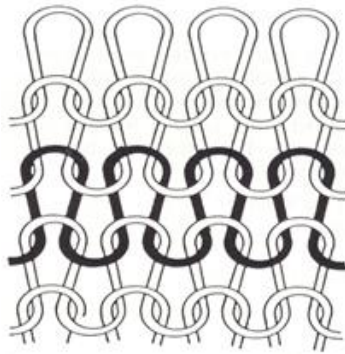


Figura 3 – Malha de trama

Principais Características:

- Um único fio de trama é suficiente para alimentar todas as agulhas de um tear;
- O fio é alimentado transversalmente relativamente ao comprimento da malha;
- É possível desfiar (desmalhar);
- As agulhas podem trabalhar separada ou colectivamente (de acordo com o tipo de equipamento utilizado).

b) Malhas Teia

As malhas de teia são produzidas a partir dos fios provenientes de, pelo menos, uma teia que são transformados em malha pela formação de uma coluna vertical de laçadas.

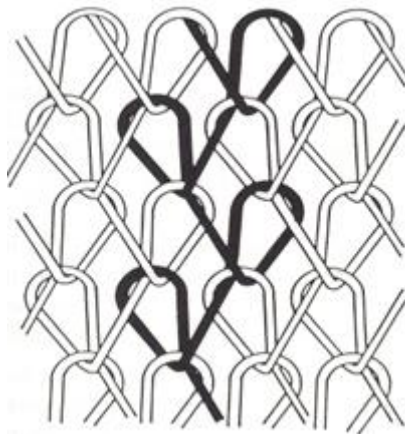


Figura 4 Malha de Teia

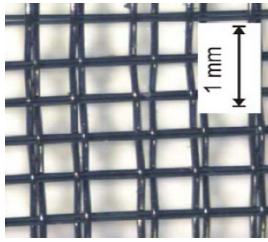
Principais características:

- Cada agulha tem de ser alimentada por, pelo menos, um fio de teia, sendo que uma teia terá no mínimo tantos fios quantas as agulhas;
- Os fios são alimentados na direcção do comprimento da malha;
- Geralmente é indesmalhável, isto é não desfia;
- As agulhas trabalham sempre em conjunto.

As malhas de teia são produzidas em teares de malha de teia, sendo formadas pelo entrelaçamento de laçadas produzidas na direcção da teia. Por esta razão, ao contrário das malhas de trama, cada agulha tem que ser alimentada com um fio diferente. As suas propriedades mecânicas são, na maior parte dos casos parecidas com as dos tecidos. De facto, as malhas de teia combinam as vantagens tecnológicas da produção de malhas de trama e dos tecidos.

A tecelagem de malhas de teia é um sistema de produção têxtil bastante flexível, podendo produzir estruturas elásticas ou estáveis, abertas ou fechadas, tubulares ou planas. Esta característica do processo de produção torna estas estruturas apropriadas para aplicações técnicas. [7]

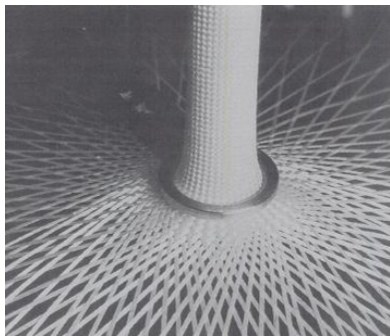
2.4.1.2 Tecido



Os tecidos são resultantes do entrelaçamento de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulos rectos. Os fios dispostos no sentido transversal são chamados de fios de "trama" e os fios dispostos no sentido longitudinal são chamados de "teia". Dividem-se em sub-classes:

- Tecidos simples – tecidos formados por um conjunto de fios de teia e um conjunto de fios de trama;
- Tecidos compostos – mais de um conjunto de fios de teia e um ou mais conjuntos de trama; [7]

2.4.1.3 Entrançado



Um entrançado é a estrutura resultante do entrelaçamento de fios que permanecem em bobinas que se movimentam em rotação promovendo a ligação entre os mesmos.

O entrançamento é um processo têxtil conhecido pela sua simplicidade e versatilidade. Os entrançados são únicos no seu alto nível de conformidade, estabilidade torsional e resistência ao desgaste. Neste processo, são entrelaçados dois ou mais sistemas de fios nas direcções diagonais formando uma estrutura integrada. Os entrançados diferem dos tecidos e das malhas no método de inserção dos fios e na maneira como os fios são entrelaçados.

O entrançamento é possivelmente a tecnologia têxtil mais antiga, no entanto, nunca ganhou um espaço de grande relevo nos sectores do vestuário e têxteis-lar a não ser para a produção de acessórios (cordões, etc.), devido à falta de largura das peças produzidas e à baixa produtividade da operação. Desta forma, os entrançados foram sempre utilizados em grande escala em aplicações técnicas, como cordas para a navegação marítima, começando a ser aplicados em materiais compósitos na década de 1970. [7]

2.4.1.4 Não-tecido



A definição de não-tecido, segundo a norma Portuguesa NP EN 29092:1993 e segundo a EDANA “European Disposables and Nonwovens Association”

“Manufatura de folhas, véus ou mantas de fibras ou filamentos, orientados direccional ou aleatoriamente, produzidas e ligadas por fricção, e/ou coesão e/ou adesão, excluindo papel ou produtos obtidos por tecelagem, tricotagem, tufagem, cosido-tricotado ou feltragem, sendo ou não adicionalmente agulhados. As fibras podem ser naturais ou não naturais, cortadas ou contínuas ou podem ser formadas in situ.”

A indústria de não-tecidos tem apresentado elevadas taxas de crescimento, uma vez que se tem desenvolvido em áreas cada vez mais sofisticadas e em mercados cada vez mais alargados. Segundo a EDANA, esta indústria representa em volume cerca de 25% do consumo dos têxteis e apresentou entre 1995 e 2005 uma taxa de crescimento média em volume de 3,5%, podendo-se manter ou aumentar ligeiramente até 2010.

A produção de não-tecidos combina tecnologias de diversas indústrias, tais como: têxtil, do papel, do couro, de plásticos, podendo a qualquer momento surgir novas tecnologias. A produção de não-tecidos é composta por quatro fases:

- ✓ Selecção/preparação das fibras;
- ✓ Formação da manta;
- ✓ Ligação/reforçamento da manta;
- ✓ Acabamento.

A ligação/reforço da manta pode ser efectuada por vários processos, nomeadamente: mecânicos, químicos ou térmicos. O processo mecânico pode ser efectuado segundo três métodos: agulhagem, pesponto (com ou sem fios de ligação) e hidrodinâmico (jactos de água).

A ligação térmica é realizada com o auxílio de calandras aquecidas que promovem a ligação das fibras que poderão ser ou não termoplásticas. Se não forem termoplásticas é

necessária a impregnação ou pulverização com produtos químicos que promovam a ligação.

Processo químico utiliza uma solução química que é usada para promover a ligação da manta de fibras. Nesta situação é normalmente necessária a utilização de calandras para a reacção do produto químico com o material.

A agulhagem pode ser utilizado em quase todo o tipo de fibras e os não-tecidos agulhados são produzidos por orientação e entrelaçamento mecânico das fibras através de agulhas especiais que efectuam um movimento ascendente/descendente através da manta. Mantas com diferentes características podem ser agulhadas conjuntamente, obtendo-se deste modo uma série de propriedades que por outro meio seriam difíceis de se conseguir. As agulhas utilizadas possuem rebarbas (agulhas de feltragem) que repetidamente penetram e retiram fibras da manta. A manta é transportada entre duas placas, a placa de suporte e a grelha de abertura que contém orifícios correspondentes ao arranjo das agulhas nas placas de agulhas(Figura 6).

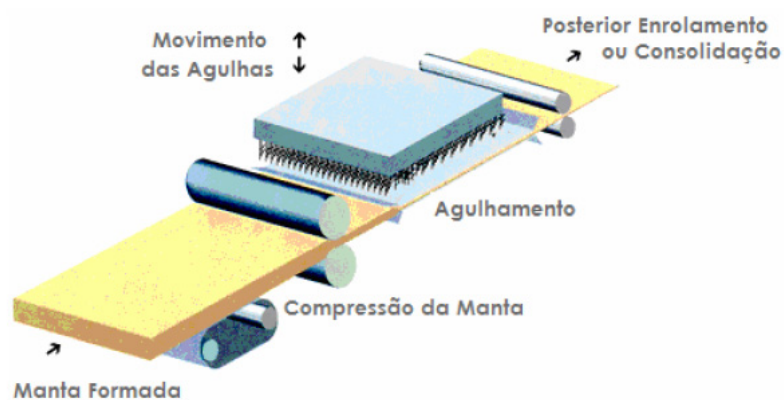


Figura 5 - Agulhagem de manta de Não-tecido
(Fonte:EDANA)

As agulhas são os elementos mais importantes do processo, sendo que a selecção adequada do jogo, rebarba, tipo de pontas, forma da lâmina (estrela, cónica, ponteadas) é determinante na qualidade do produto. O jogo é definido como o número de agulhas por unidade de área, assim quanto mais fina é a agulha maior é o jogo. As fibras grossas utilizam jogos baixos e fibras grossas utilizam um jogo mais alto. As variáveis de processo mais importantes deste processo são a profundidade da penetração e a densidade de penetrações (número de pontos de picagem por unidade de área).

O percurso da fibra na manta depende da profundidade da penetração. A amplitude da penetração máxima é fixa e depende:

- Do comprimento da agulha;
- Da distância entre as placas de agulhas;
- Da amplitude do batimento;
- Do ângulo de penetração.

A densidade de penetrações depende de:

- Número de agulhas na placa de agulhas;
- Taxa de alimentação do material;
- Frequência de penetrações;
- Largura efectiva da placa de agulhas;
- Número de passagens do material.

Os efeitos destes parâmetros na compactação do não-tecido variam também com as características e propriedades da manta que está a ser ligada, por isso, ao aumentar-se o peso base da manta, a densidade e a profundidade das penetrações, obtém-se uma estrutura mais compacta e com menor permeabilidade ao ar. A compactação da manta não aumenta quando as fibras mais finas são agulhadas com agulhas mais grossas. Deve-se otimizar O coeficiente de atrito fibra/metal deve ser otimizado por forma a reduzir o desgaste das agulhas, efectuando um acabamento sobre fibras durante o processo de cardação. As propriedades do não-tecido final são influenciadas pelas propriedades das fibras utilizadas (comprimento, finura, coeficiente de atrito e rigidez à flexão), pelos parâmetros relacionados com a manta (massa por unidade de área, espessura e número de camadas) e pelas variáveis da máquina (densidade de penetrações, profundidade da penetração, forma da agulha e número de passagens). [8]

2.4.2 Estruturas direccionalmente orientadas – DOS

Este tipo de estruturas são bidimensionais mas possuem a particularidade de os fios de reforço poderem ser dispostos na estrutura de fundo segundo as direcções principais das forças que são aplicadas ao material. Desta maneira, pode conceber-se um conjunto de estruturas com reforço na direcção desejada, de acordo com a aplicação em vista. Esta

técnica de reforço das estruturas é muito utilizada em malhas, sobretudo nas de teia, porque estas apresentam baixa tenacidade devido ao facto de os fios se encontrarem sob a forma de laçadas.

As estruturas orientadas direccionalmente podem ser classificadas de acordo com o número de direcções em que os fios de reforço são inseridos. [2]

Assim, podem identificar-se:

- Estruturas monoaxiais (com reforço à teia ou com reforço à trama);
- Estruturas biaxiais (com reforço à teia e à trama, ou com reforço nas diagonais);
- Estruturas triaxiais (com reforço à teia e nas diagonais, ou à trama e nas diagonais);
- Estruturas multiaxiais (com reforço à teia, à trama e nas diagonais).

A Figura 6 apresenta os diferentes tipos de orientações possíveis.


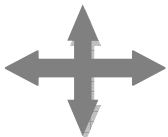





Estrutura monoaxial	Estrutura Biaxial	Estruturas triaxial	Estrutura Multiaxial
			
Reforço à teia	Reforço à teia e trama	Reforço à teia e diagonal	
			
Reforço à trama	Reforço diagonal	Reforço à trama e diagonal	

Figura 6 - Orientações possíveis de estruturas têxteis

A Figura 7 mostra um exemplo de uma construção multiaxial aplicada a uma malha de teia.

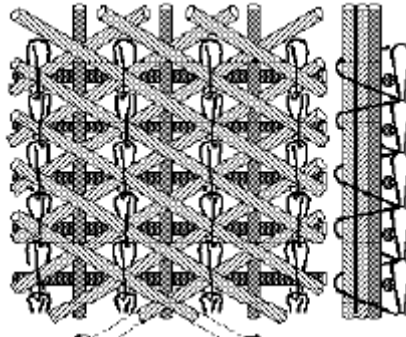


Figura 7 - Estrutura multiaxial aplicada a malha de teia
(Fonte: Handbook of Technical Textiles [2])

2.4.3 Estruturas Tridimensionais

As estruturas 3D são estruturas que apresentam fibras orientadas na direcção da espessura ou cuja a estrutura plana é obrigada, a partir do processo produtivo, a adquirir formas com uma geometria 3D desejada.

2.4.3.1 Malhas 3D

As malhas 3D ou spacer, podem ser de trama ou de teia. As malhas spacer ou “sandwich” são constituídas por duas estruturas, uma superior e outra inferior ligadas por fios (PES ou PA) ou ligadas por uma outra estrutura intermédia. Este tipo de malhas 3D tem características óptimas de resiliência e foram desenvolvidas com o objectivo de serem aplicadas de modo a substituir as espumas de poliuretano, largamente utilizadas nos meios de transporte. A espessura deste tipo de malhas atinge já 60 mm, produzida em teares Karl Mayer.

Outras áreas de aplicação, estão em desenvolvimento para este tipo de malhas, nomeadamente na área da construção civil, em que malhas spacer são usadas como reforço de betão. Neste caso as malhas utilizadas têm também uma inserção à trama de modo a atribuir ao material uma maior resistencia na direcção da trama. O inconveniente deste tipo de estruturas é o preço associado que é bastante elevado,

devido à baixa produção que é possível neste tipo de maquinaria, assim como a quantidade de matéria prima necessária, não esquecendo também o custo do equipamento.

a) Malhas de Teia

- Tear Raschel

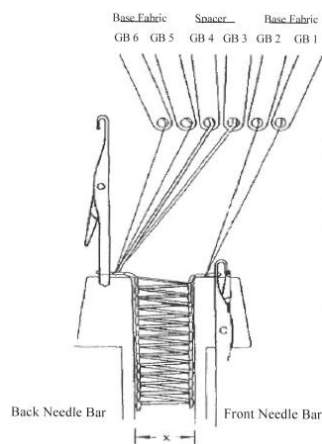


Figura 9 Método de produção de malhas de teia spacer em tear Raschel



Figura 8 - Exemplo de malha de teia spacer produzida em tear Raschel

(Fonte: Handbook of Technical Textiles [2])

Malhas de trama

- Tear circular com disco e cilindro

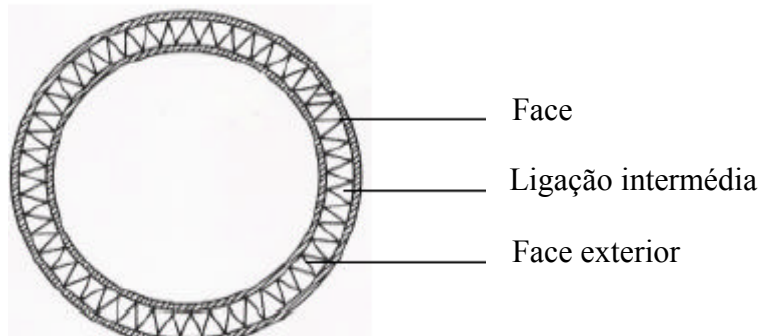


Figura 10 - Malha spacer produzida em tear de malhade disco e cilindro

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles* [2])

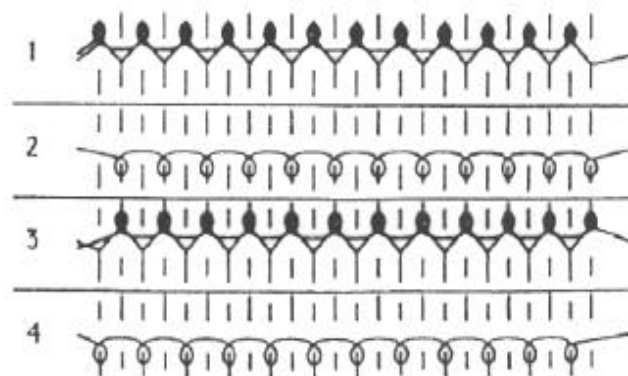


Figura 11 - Debuxo de malha spacer produzida em Tear de disco e cilindro

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles* [2])

- Tear Rectilénio electrónico

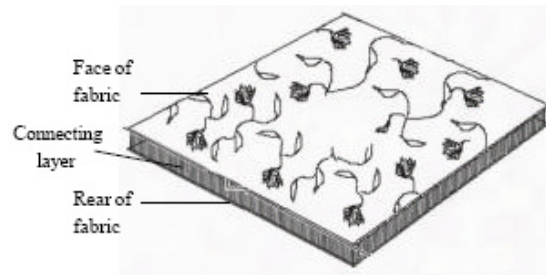


Figura 12 - Exemplo de malha de trama obtida em tear rectilénio electrónico

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles*)

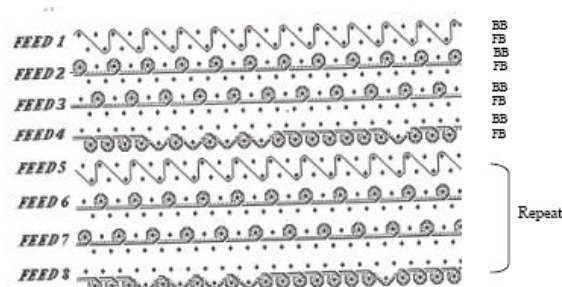


Figura 13 – Debuxo da malha spacer

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles*)

A Figura 12, mostra exemplos de malhas spacer ou tridimensionais passíveis de obter num tear rectilénio electrónico. Por sua vez a Figura 13 mostra o debuxo necessário para se obter uma estrutura tridimensional de malha de trama.

O Quadro 2 mostra uma análise comparativa dos três métodos de produção de malhas spacer, nomeadamente ao nível das suas vantagens e limitações.

Quadro 2 - Análise de vantagens e limitações dos métodos de produção de malhas *spacer*

Tipo de malha spacer	Vantagens	Limitações
Raschel	<p>É possível variar a espessura e volume;</p> <p>Boa estabilidade dimensional;</p> <p>Possível ter grandes larguras;</p> <p>Não necessita de posterior ligação ou laminagem;</p>	<p>Equipamento muito caro e de grandes dimensões;</p> <p>Baixa velocidade de produção;</p> <p>Maior necessidade de mão-de-obra;</p>
Rectilínea	<p>O produto pode ser desenvolvido para uma forma e tamanho específico;</p> <p>Possibilidade de reforço à trama entre as duas faces;</p> <p>Facilidade na obtenção de desenhos</p>	<p>Baixa produtividade;</p> <p>Baixo número de alimentadores e elementos tricotadores</p> <p>Equipamento complexo e caro.</p>
Circular	<p>Equipamento de menor dimensão;</p> <p>Baixo nível das operações;</p> <p>Rápida preparação da máquina</p>	<p>Só uma largura disponível;</p> <p>Baixa estabilidade dimensional;</p> <p>Dificuldade em usar monofilamentos;</p> <p>Variação de espessura entre 2 a 10mm)</p>

2.4.3.2 Tecidos Tridimensionais

Nos tecidos convencionais, existem somente duas direcções preferenciais de orientação das fibras, x para trama e y para teia. Nos tecidos 3D verifica-se a existência de um terceiro sistema de fios orientados na terceira dimensão ou na direcção da espessura. O desenvolvimento deste tipo de tecelagem ocorreu na década de 70. Por trás deste desenvolvimento encontravam-se empresas ligadas à aeronáutica como forma de aumentar a resistência interlaminar oferecida pelas estruturas têxteis de reforço utilizadas em materiais compósitos.

As Figuras 14 e 15 mostram os dois sistemas de tecelagem: 2D e 3D. O desenvolvimento deste método foi efectuado por Mohamed & Zhang e foi patenteado em 1992 [9]. Tal como as malhas spacer, este é também um método muito lento de produção a três dimensões. Este produto diferencia-se dos anteriores, pelo motivo de não ter nenhum entrelaçamento nos fios interiores (azul), o que confere melhores propriedades mecânicas à estrutura nessa direcção.



Figura 14 -Tecelagem convencional 2D

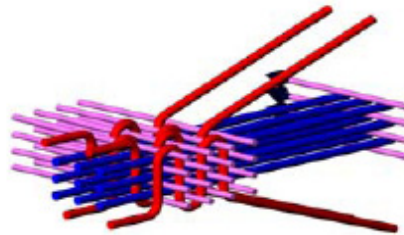


Figura 15 - Tecelagem 3D

Existem já no mercado equipamentos que produzem este tipo de estruturas. A Figura 16 mostra um equipamento a produzir um produto em fibra de carbono com 5 cm de espessura.

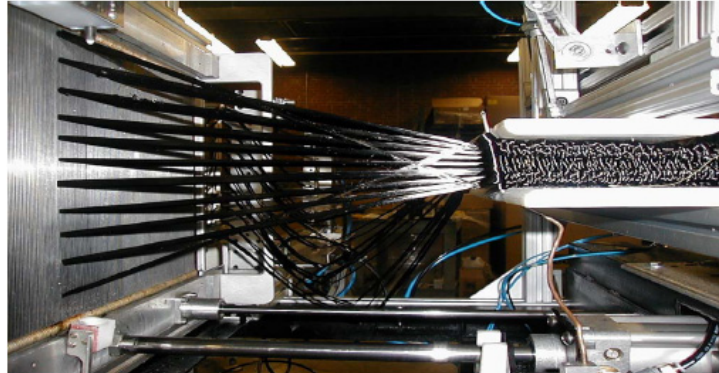


Figura 16 - Equipamento a produzir tecido 3D [9]

Os tecidos tridimensionais têm como área principal de aplicação o reforço de materiais compósitos, principalmente para a indústria dos transportes, com a vantagem de se conseguir diminuir o peso e assim baixar o consumo.

A Figura 17 pretende demonstrar os vários tipos de estruturas têxteis possíveis de se produzir.

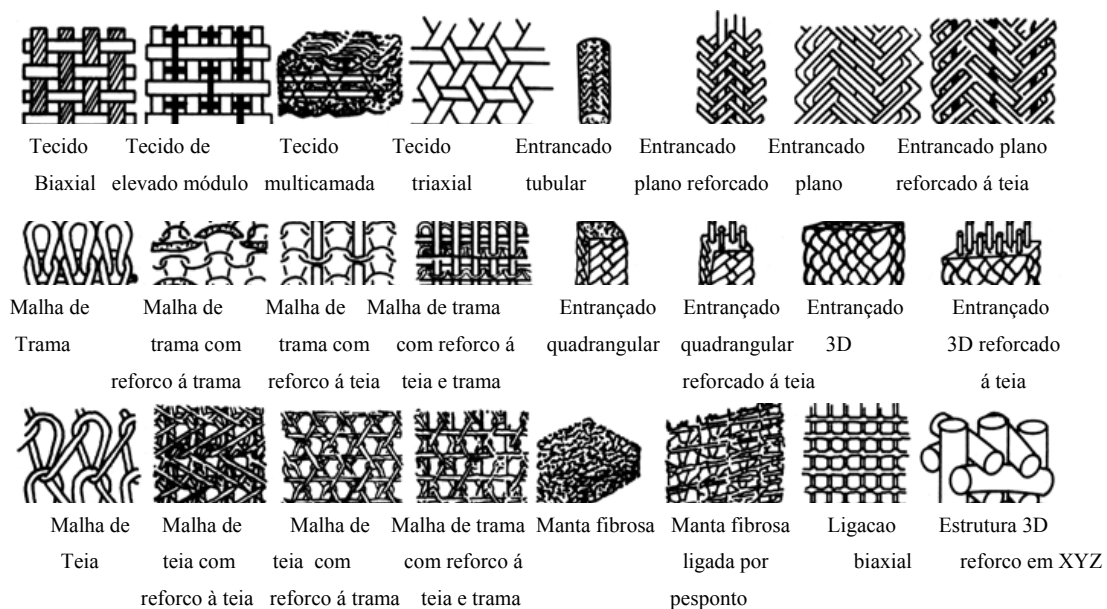


Figura 17 - Resumo das estruturas têxteis existentes

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles*)

2.4.3.3 Não tecidos 3D

Existem diversos processos para produção de não-tecidos 3D.

a) 3D web Linker

3D web Linker foi o nome seleccionado pela empresa construtora de máquinas francesa – Laroche. Este sistema consiste na formação de não-tecidos 3D por agulhagem de dois pré-agulhados ou manta de fibras. Deste modo e como ilustra a Figura 18, os pré-agulhados (A) e (B) da figura são interligados por agulhas de barbas ou de forquilha, fazendo passar deste modo tufo de fibras de uma manta para a outra, promovendo assim a ligação dos dois não-tecidos, como é ilustrado na Figura 19.[10]

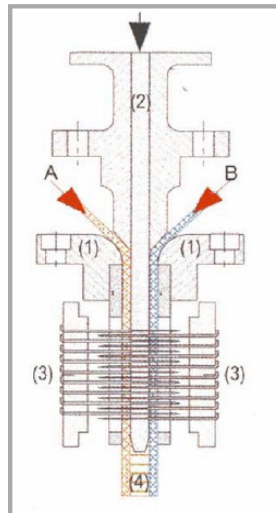


Figura 18 - Sistema de produção de não tecidos 3D - 3D Web Linker

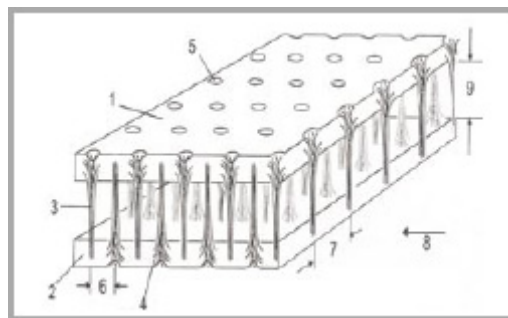


Figura 19 – Não-tecido produzido pelo processo 3D Web Linker

b) Maliwatt

Maliwatt é uma tecnologia de ligação por pesponto de uma manta de fibras. O processo Maliwatt utiliza fio de ligação.

As velocidades de produção deste tipo de tecnologia são consideravelmente elevadas e utiliza manta de fibras provenientes do método de formação da manta por cardação, deste modo é possível a mistura de fibras e até mesmo a utilização de fibras recicladas.

Devido à elevada espessura que é possível obter com este tipo de tecnologia, é muitas vezes considerada como uma estrutura tridimensional.

Um recente desenvolvimento da empresa de construção de máquinas alemã – Karl Mayer, é a Maliwatt G. Maliwatt G é um equipamento que permite o processamento de mantas de fibras de vidro. Esta máquina foi desenvolvida devido à necessidade do mercado de não tecidos de fibra de vidro para aplicações em áreas como: transportes, isolamento e protecção. Estas são, segundo a empresa alemã, as áreas chave para a utilização desta tecnologia.[11].

A Figura 20 apresenta o processo Maliwatt

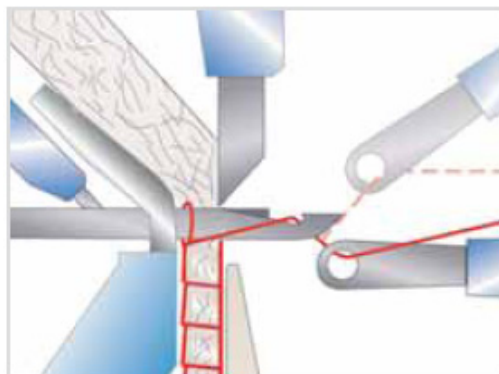


Figura 20- Processo de ligação por pesponto – Maliwatt

(Fonte: *Karl Mayer*)

c) Malivlies

Malivlies é uma tecnologia de ligação mecânica de uma manta de fibras por pesponto mas sem fio de ligação. As velocidades de produção são elevadas, o que faz com que seja um processo de ligação rentável. As mantas de fibras obtidas por processo com ou sem mistura de fibras e até mesmo fibras recicladas podem ser processadas. Os produtos obtidos pelo processo Malivlies têm excelente conformabilidade e são por isso largamente usados no interior de meios de transporte. Também neste processo a espessura é variável permitindo obter não-tecidos que se consideram como não-tecidos 3D.[11]

A Figura 21 apresenta o processo Malivlies desenvolvido pela empresa alemã – *Karl Mayer*.

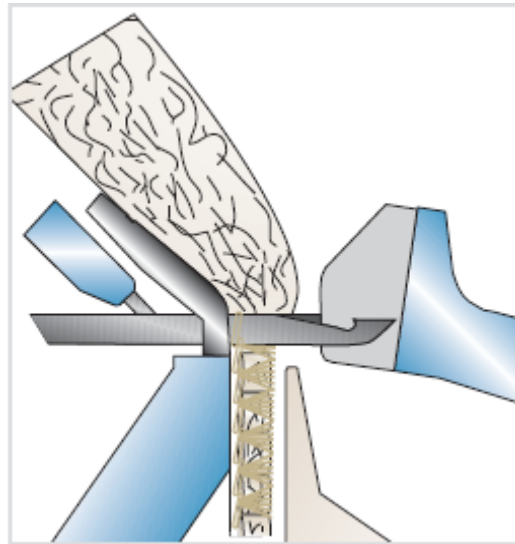


Figura 21 - Processo de ligação por pesponto sem fio de ligação – Malivlies

(Fonte: *Karl Mayer*)

d) Kunit e Multikunit

Os processos de ligação de não-tecido Kunit e Multikunit, têm por método de ligação o pesponto. Estes não usam fio de ligação. O pesponto é feito utilizando as próprias fibras da manta fibrosa. Os dois processos de produção são extremamente rápidos até no caso de grandes larguras, o que faz com que sejam um processo de ligação rentável.

Os dois processos não têm limites quanto ao uso de mistura de fibras ou até mesmo manta de fibras recicladas. Os dois processos são flexíveis no que diz respeito à espessura do material, assim como o tipo de pesponto, o que faz com que se consigam no final produtos diferenciados.

A principal diferença nos dois processos é que no processo Kunit existe diferença entre as duas faces do material final. Uma tem pesponto e outra é um não-tecido sem que exista ligação visível na face. O processo Multiknit como o próprio nome indica, existe um múltiplo pesponto. As duas faces têm o aspecto semelhante. [11]

A Figura 22 e 23 ilustram os dois processos, Multikunit e Kunit.

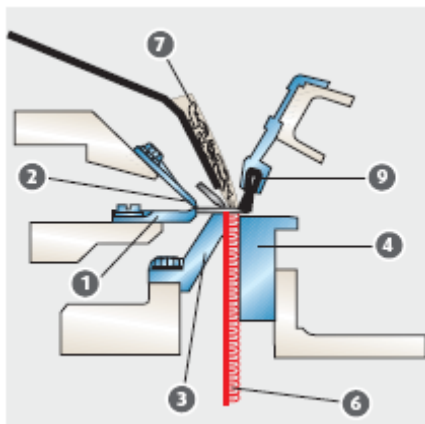


Figura 23 – Processo Multikunit

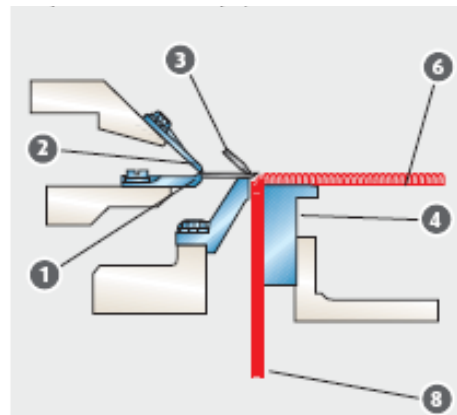


Figura 22 - Processo Kunit

(Fonte: Karl Mayer)

Legenda:

1. Barra de agulhas compostas
2. Barra de aperto
3. Barra de Platinas
4. Barra de suporte
5. Produto Kunit
6. Manta de fibras
7. Produto Multiknit
8. Barra de escovas

e) Não-tecidos Tubulares

Segundo a empresa de produção de maquinaria alemã DILO os não tecidos tubulares são aplicados em duas grandes áreas: filtração e medicina, sendo que a área da filtração é muito mais representativa, pois a medicina é ainda uma área em constante desenvolvimento, mas com grande valor acrescentado. Existem desenvolvimentos na aplicação de tubos de não tecido em próteses vasculares.

A Figura 24 mostra um exemplo da produção desses tubos de não-tecido pelo método de agulhagem da empresa DILO. [12]

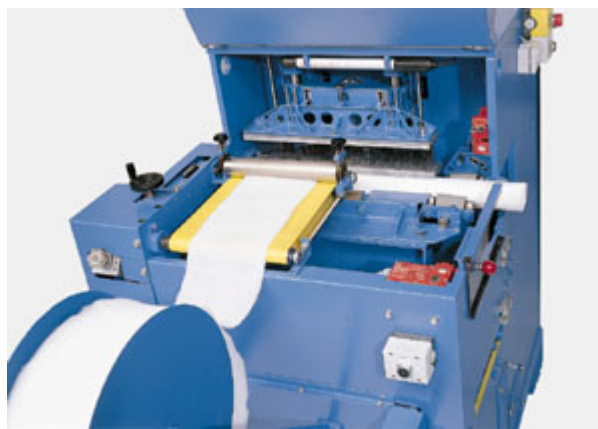


Figura 24 - Agulhadeira de produção de tubos de não-tecido da Dilo

Os produtos obtidos com esta tecnologia podem variar, em diâmetro, de 25 a 170mm no que respeita à área da filtração. Em relação à área de medicina, os tubos podem variar entre 5 e 25mm de diâmetro.

f) Wavemaker

Tecnologia de produção de Não-tecidos 3D pela tecnologia Wavemaker foi desenvolvida pela empresa Cavitec AG, pertencente ao Grupo Santex.

Esta tecnologia consiste, como ilustra a Figura 25, num sistema mecânico de criação de pregas no não tecido, sendo estas pregas criadas e fixadas num secador. Segundo a empresa que desenvolveu o processo, os produtos têm uma resiliência considerável e consideram que podem ser aplicados nos bancos de automóveis substituindo a espuma de poliuretano. Outras áreas nomeadas pela empresa como áreas de aplicação são a área do calçado e a área de isolamento, tanto térmico como acústico. No que respeita a isolamento acústico a empresa afirma um ganho de 25% em comparação com um não-tecido 2D. [13]

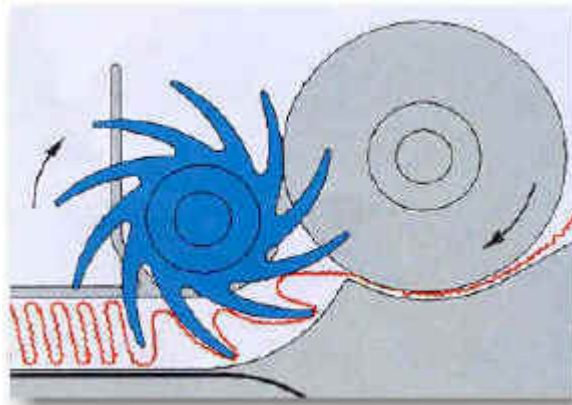


Figura 25 - Santex Wavemaker - Cavitec AG

(Fonte: *Santex Group*)

2.4.3.4 Entrançados 3D

Em meados de 1960 surgiu o interesse pela indústria espacial na produção de entrançados tridimensionais. Alguns processos surgiram nessa altura de forma a dar resposta à necessidade do mercado (Ko, 1982; Brown 1985). Um dos primeiros processos de produção de entrançados 3D foi desenvolvido pela “*General Electrics*” e mais tarde desenvolvidos e patenteados por Florentine em 1982, segundo o nome de *Magnaweave*

Entrançado em duas fases, foi mais tarde desenvolvido por Popper e McConnel em 1988 na DuPont como mostra a Figura 29. Esta tecnologia pode ser também entendida como uma tecnologia híbrida (tecelagem e entrançamento). Os fios do entrançado (trama) movem-se alternadamente em duas direcções – ortogonais sob um conjunto de fios na posição axial (teia).

Uma classe diferente de entrançados descrita como sendo “Entrançado multicamada interligado” *Multilayer Interlock Braiding*, esta tecnologia aproxima-se da tecnologia tradicional de entrançar. Este processo foi desenvolvido pela empresa *Albany International Research Corporation*. [14]

A Figura 26, apresena alguns exemplos de formas passíveis de ser produzidas a partir da tecnologia de entrançados.

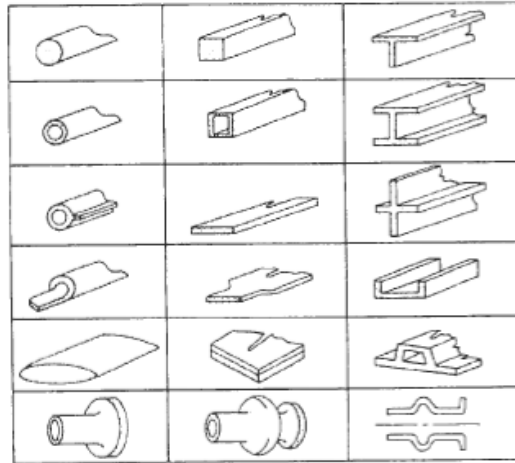


Figura 26 - Formas possíveis de obter com entrançados 3D (Ko, 1989)

A Figura 27 ilustra o processo de produção de entrançado tridimensional.

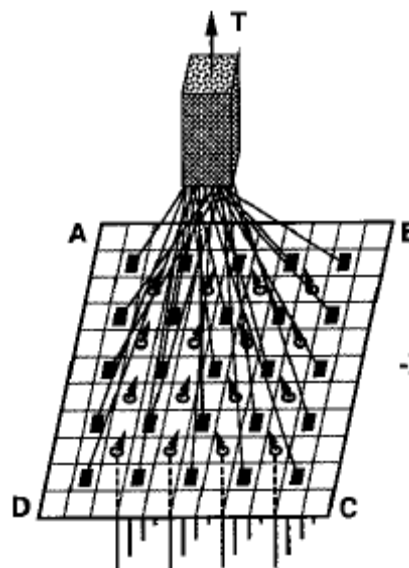


Figura 27 - Exemplo de produção de entrançado 3D [14]

2.4.4 Estruturas Híbridas

Estruturas híbridas definem-se como produtos têxteis que na sua composição têm duas ou mais tipos de estruturas têxteis diferentes assim como – Não tecido, malha, tecido, entrançado e estruturas DOS (direccionalmente orientadas). Obtém-se desta maneira um efeito de sinergia de propriedades, em que cada uma das estruturas contribui com as suas propriedades para a obtenção de uma estrutura com propriedades melhores que cada uma das componentes.

Estas estruturas podem ser utilizadas em suportes de indução e estratificação para os mais variados domínios: geotêxteis com efeito de filtração, estruturas filtrantes e aplicações médicas. Por outro lado, estas estruturas híbridas podem ser aplicadas como reforço de materiais compósitos nas indústrias aeronáutica e aeroespacial, assim como para a construção de veículos e máquinas terrestres.

a) Hibridização por costura

A junção de várias estruturas é possível pelo método de costura. Este é um método relativamente simples e onde é possível a junção de diferentes estruturas têxteis, ou até de outros materiais. O sistema da Altin, ilustrado na Figura 28, consiste num braço robot de costura. A costura por este robot é efectuada, como ilustra a Figura 29, em ponto de cadeia, usando deste modo duas agulhas. A empresa *Boing* usa um sistema similar para a produção de asas de aviões em material compósito. [14]



Figura 28 - Robot de costura da Altin

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles* [2])

A Figura 29 ilustra o método de costura usado nos robots de costura da Altin. Neste processo de costura utilizam-se duas agulhas, sendo que uma delas é especial

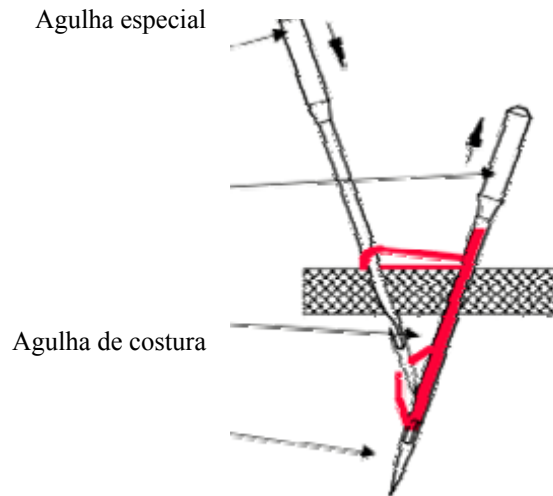


Figura 29 - Ilustração da formação do ponto de cadeia usado pela Altin

(Fonte: *Handbook of Technical Textiles* [2])

b) DOS multiaxial + Não tecido + Malha teia

Um dos casos mais conhecidos é a junção de não tecido com uma estrutura multiaxial. A junção de não tecido atribui ao produto uma cobertura total do mesmo, bem como reforço em diversas direcções. A Figura 30 ilustra um caso onde se usam 2 tecnologias têxteis: tricotagem e não tecidos, usando também uma estrutura DOS multiaxial. No caso do não tecido, este não é produzido por esta tecnologia, somente é efectuada a junção do mesmo à estrutura. Dependendo da aplicação, é possível produzir-se a mesma estrutura sem a junção de não-tecido, Figura 31. [2]

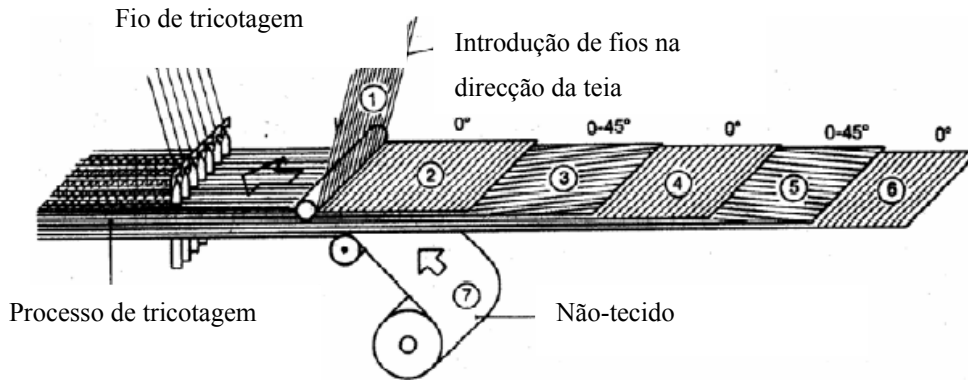


Figura 30 - Malha de teia multiaxial com junção de não-tecido - sistema LIBA
(Fonte: Handbook of Nonwovens)

A Figura 31 ilustra uma estrutura híbrida multiaxial com ligação segundo processo de tricotagem de malha de teia.

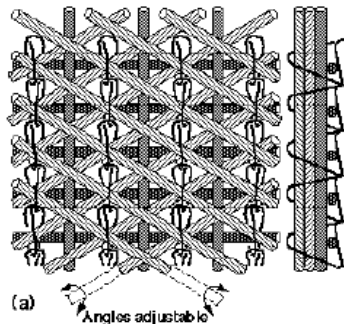


Figura 31 - Malha de teia multiaxial (DOS + Malha de teia) - sistema LIBA

(Fonte: Handbook of Technical Textiles)

c) Feltro para máquina de papel

Outro caso de utilização de estruturas híbridas são os feltros para máquina de papel. Estes feltros são constituídos por uma camada de tecido em monofilamento e por camadas de não tecidos. Este tecido é bastante resistente, promovendo a estabilidade da estrutura. Várias camadas de não tecido sobrepõem-se à tela de tecido, para que a estrutura tenha uma permeabilidade à água uniforme, para que o processo de produção de papel funcione em pleno. Normalmente o número de camadas por cima e por baixo não são iguais, isto devido à superfície superior ter necessidade de ter uma estrutura mais uniforme e apertada.

A Figura 32 apresenta um exemplo de construção de um feltro para máquina de papel.

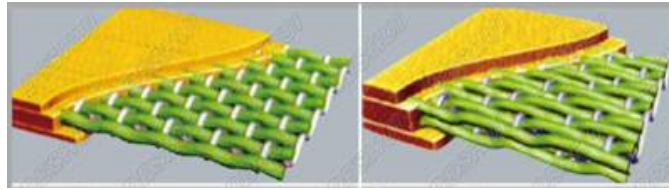


Figura 32 - Estrutura híbrida utilizadas na produção de papel

(Fonte: *Tamfelt*)

2.4.4.1 Análise de patentes

Um outro exemplo da importancia de hibridização é a patente que surge em 2007, US 7,251,871 B2. Esta patente teve também versões mais recentes, sendo que esta última é uma melhoria das anteriores.

Esta patente visa otimizar o processo de fabricação de um produto híbrido que são os discos de travão para aviões, fabricados com fibra de carbono.

Esta patente pertence a uma empresa Francesa: Messier- Bugatti. Esta empresa desenvolveu um equipamento que usa um não-tecido ou manta de fibras e sobrepõe sobre ela fios orientados a ângulos que podem ser variáveis (DOS).

Esta máquina foi desenvolvida para a producao de discos de travões para avião.

Estes feltros são constituídos por fibras de carbono ou uma mistura de carbono com fibras cerâmicas. Quando produzido convencionalmente, existem perdas substanciais das fibras de carbono. E tratando-se de fibras de carbono as perdas tem um custo considerável. Esta foi a motivação desta empresa para o desenvolvimento deste novo equipamento.

Os produtos resultantes sao produtos de grande valor acrescentado e onde a qualidade do produto é muito relevante sendo que o parâmetro mais importante a controlar é a regularidade e uniformidade da superficie, pois interfere claramente na utilização do produto.

Por outro lado, a resistência à abrasão fricção assim como à traccao sao também parametros a ter em consideracao.

Evans, desenvolveu e patenteou uma técnica inovadora para produzir uma estrutura tridimensional de tecido e malha, com o objectivo de aplicar posteriormente em compósitos. O autor registou duas patentes e desenvolveu dois protótipos. Após a sua morte, as licenças de patente foram doadas à Universidade de Auburn, mais propriamente ao Departamento de Engenharia de Polímeros e Fibras.

Neste momento, o departamento está a automatizar e melhorar o processo de produção do híbrido tridimensional tecido/malha, utilizando os conceitos de electrónica e robótica.

A tricotagem é a principal técnica usada na fabricação deste novo produto tridimensional e híbrido.

A Figura 33 mostra o princípio de formação desta estrutura. A técnica usada inclui princípios de tecelagem (2 – pente e 1 – fios de teia) e mecanismos de formação de malha de trama (8 – fornecimento do fio e os componentes de formação de laçada – 3,4,5,6,7)

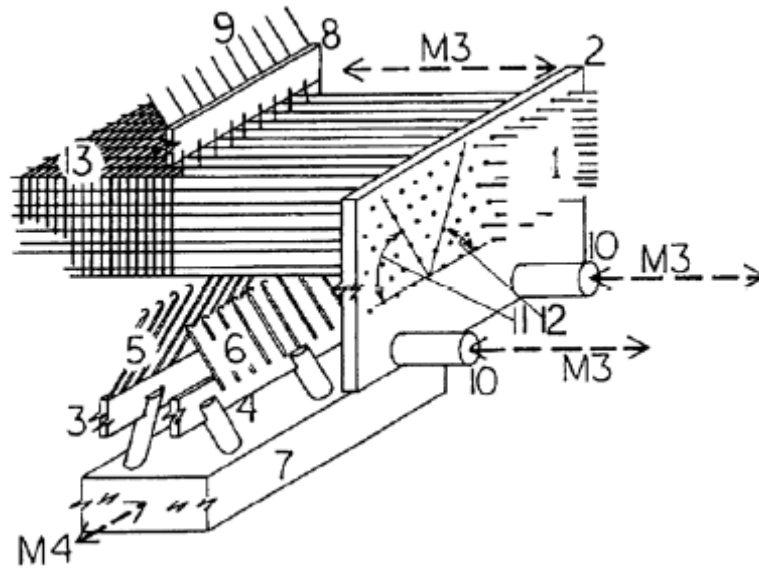


Figura 33 - Ilustração do processo de fabricação da estrutura 3D híbrida - Tecido/Malha[15]

O protótipo inicial desenvolvido por Evans, não permitia a utilização de alguns fios especiais, assim como não tinha controlo de tensão dos fios de trama usados na tricotagem. [15]

A Figura 34, apresenta o protótipo optimizado de fabricação da estrutura 3D híbrida – tecido/malha.



Figura 34 - Protótipo otimizado de fabricação da estrutura 3D híbrida - Tecido/Malha [15]

2.5 Relação propriedades/Estrutura

Segundo Frank Ko, o desempenho das propriedades têxteis são o resultado de interação entre fibra, fio e geometria da estrutura e acabamento.

Estruturas têxteis em forma de tecido ou malha, podem ser caracterizadas em termos de geometria e propriedades de desempenho.

Os parâmetros geométricos incluem:

Porosidade – espaço aberto numa determinada unidade de volume do tecido. Quando o diâmetro da fibra e o diâmetro do fio aumentam, a estrutura tende a ser mais porosa. A porosidade de um tecido ou malha é inversamente proporcional à área de cobertura de um tecido ou malha. Um tecido poroso tende a ser leve e mais permeável.

Textura da superfície – a textura da superfície é caracterizada pela suavidade da superfície, que por sua vez é determinada pelo diâmetro e comprimento da fibra e/ou fio.

Voluminosidade – reflecte o volume do tecido. Um tecido tende a ser voluminoso quando o diâmetro da fibra ou fio é elevado e a liberdade de mobilidade das fibras é também elevada.

Espessura do tecido – semelhante à voluminosidade, a espessura está relacionada com o diâmetro da fibra e/ou fio. Quanto maior o diâmetro da fibra e/ou fio mais volumoso e espesso será o tecido.

Permeabilidade – facilidade de ar ou líquido atravessar o tecido. A permeabilidade é elevada quando a porosidade da estrutura é também elevada.

Compressibilidade – Capacidade da estrutura resistir à compressão. Uma estrutura voluminosa tende a ser mais compressível. Por outro lado, a compressibilidade diminui com a rigidez da fibra e/ou fio que é significativamente influenciada pelo diâmetro da fibra. Quando o diâmetro da fibra aumenta, a rigidez à flexão e à compressão também aumentam.

Extensibilidade – medida da capacidade de elasticidade do tecido assim como a capacidade deste se adaptar. A extensibilidade do tecido é afectada pela geometria do mesmo, assim como a flexão e alongamento das fibras. Um fio formado por fibras de baixa finura tendem a ter grande potencialidade de extensibilidade no tecido

Tenacidade – a tenacidade de um tecido é a medição da “durabilidade” de um tecido. É reflectida pela área abaixo da curva tensão alongamento. Um tecido com elevada resistência à tracção e com um alongamento à ruptura elevado tem elevada tenacidade.

Comportamento de Tecidos

Um tecido é uma estrutura produzida pelo entrelaçamento de fios de teia com os fios de trama.

Frank Scardino sintetiza alguns estudos feitos na área de comportamento de estruturas. Segundo o autor, a resistência à tracção de tecidos é a soma das forças de resistência à tracção dos fios ao longo da direcção da aplicação da força.

Os desenvolvimentos recentes em fibras de alto desempenho, está a acelerar o uso de tecidos em largas áreas de aplicações industriais.

Segundo o autor, a histerese, a qual é observada em todos os comportamentos mecânicos de um tecido, é causada principalmente pela fricção inter fibra e inter fio. O comportamento viscoelástico de um tecido depende directamente das propriedades das fibras que compõem os fios e tecido. O efeito da estrutura num tecido, segundo Scardino, é baixo no que diz respeito à viscoelasticidade de um tecido. Deste modo, a viscoelasticidade das fibras aparecem na viscoelasticidade do tecido sem qualquer efeito devido à estrutura do tecido.

Os tecidos têm sido usados pelo ser humano há já longo tempo. Esta preferência por tecidos, deve-se à conformidade das propriedades mecânicas do tecido no corpo humano. [16]

Bishop and Curtis foram dos primeiros autores a demonstrar as vantagens da utilização de tecidos para a indústria aeronáutica.

Comportamento de Malhas

As propriedades de resistência à tracção e compressão de malhas são claramente pobres quando comparadas com tecidos ou entrançados. Por outro lado estas são muitas vezes seleccionadas para aplicações técnicas, pelas suas características de absorção de energia.

Híbrido – Multiaxial

A estrutura híbrida multiaxial, como já foi referida, tem fios direccionalmente orientados em vários ângulos. Neste caso, o tecido multiuaxial é ligado por tecnologia de malhas de teia formando assim uma estrutura híbrida. Segundo os autores Horrocks e Anand, no livro *Handbook of Technical Textiles*, esta estrutura tem um ganho de resistência á tracção de 13 a 20% em relação a um tecido plano com a mesma fracção de volume. Segundo os autores, este ganho deve-se ao facto de não existir frizado na estrutura DOS que é a estrutura de reforço.

Não-Tecidos

Segundo *Hearle* o desempenho dos não-tecidos produzidos segundo método de agulhagem é definido na Figura 37. Deste modo, os não tecidos agulhados são os que demonstram uma maior permeabilidade, tenacidade, extensibilidade e compressibilidade.

O comportamento de não-tecidos agulhados depende directamente do nível de agulhamento. Assim, se o número de picagens for baixo, as fibras deslizam umas sobre as outras mesmo com a aplicação de baixas forças. Se por outro lado a agulhagem for alta, são necessárias forças mais elevadas para que haja deslizamento e/ou rebentamento das fibras. Agulhagens muito elevadas, ou seja excessivas picagens por centímetro quadrado de não-tecido, faz com que existam roturas nas fibras levando a perdas resistência da estrutura.

Quando se obtém um nível de agulhagem óptimo, verifica-se no ensaio de tracção uma zona inicial onde existe um deslizamento inicial das fibras. Após este

deslizamento ocorre rebentamento das zonas de entreleçamento das fibras assim como um rebentamento das mesmas.

O esquema seguinte, visa comparar as propriedades das estruturas de não tecido, segundo o método de ligação, a nível de tenacidade, compressibilidade, permeabilidade e extensibilidade.

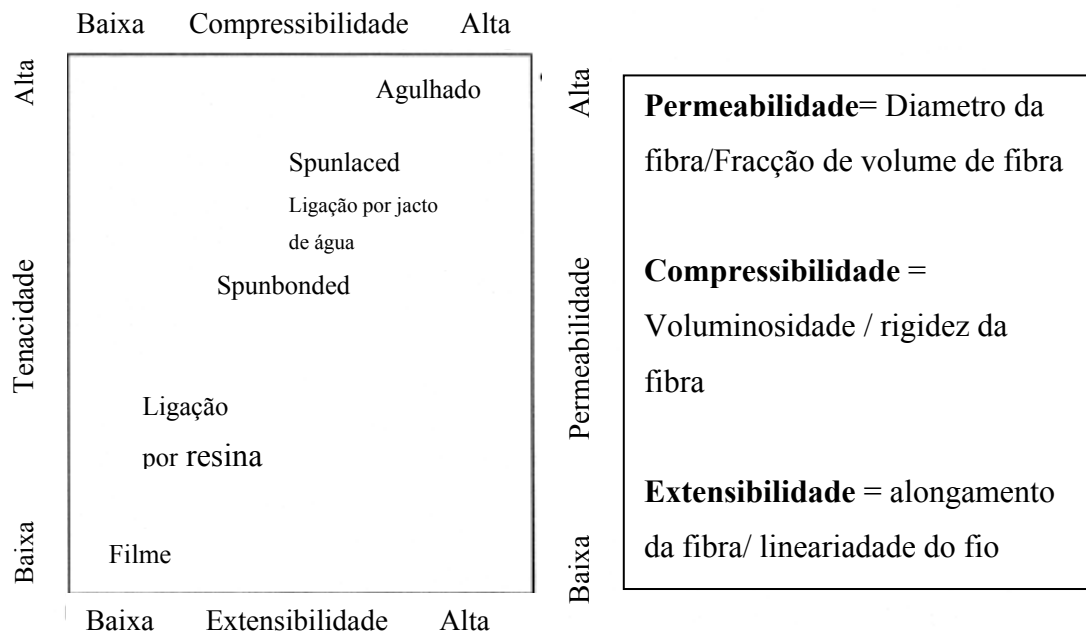


Figura 35 - Esquema comparativo de estruturas

Comportamento à tracção de Tecidos e Malhas

Segundo o estudo de Beliski e Nied, o comportamento de malhas e tecido em tracção podem ser representados pelas curvas apresentadas na Figura 36. Como é visível não figura, até à região I, malha e tecido têm um comportamento semelhante. A malha por sua vez apresenta um alongamento superior ao do tecido o que é visível nas duas regiões seguintes[19].

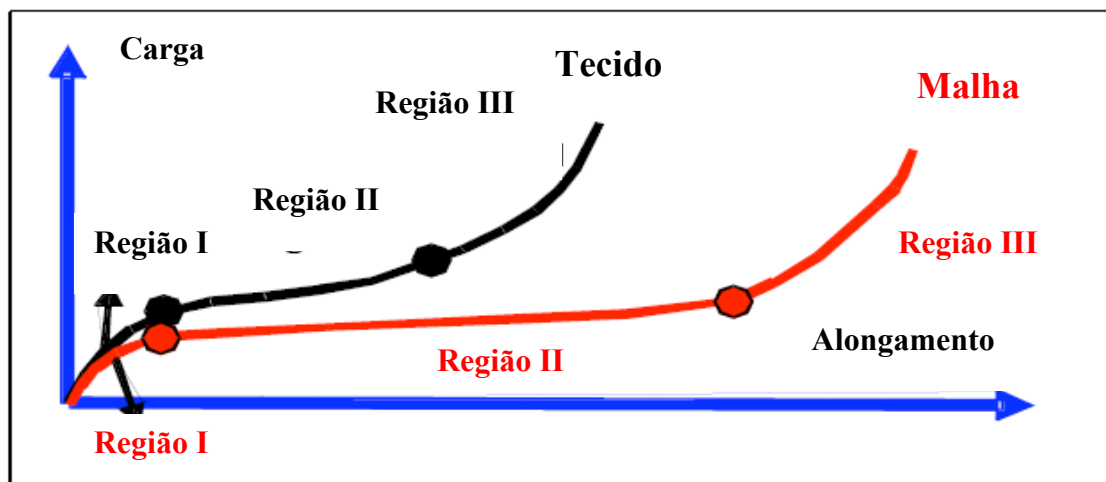


Figura 36 – Curvas de comportamento em tracção para um tecido e um malha [19]

Região I – Fricção inter-fio e intra-fio;

Região II – Flexão dos fios; Endireitamento na direcção da carga;

Região III – Extensão das fibras, compressão transversal

CAPÍTULO III

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

3.1 Selecção da fibra



Figura 37 - Fibra de vidro

A selecção das fibras a utilizar foi cuidadosa, atendendo ao facto de ter sido seleccionado desde o início que a área de aplicação destas estruturas seria a área de têxteis técnicos. Deste modo seleccionou-se a fibra de vidro, que é uma fibra de elevado desempenho, com potencialidades de reforço, isolamento, resistência térmica e resistência a produtos químicos. Desde logo dá a possibilidade de as estruturas resultantes terem um vasto leque de aplicações possíveis

3.2 Estruturas têxteis utilizadas

Seleccionaram-se para a realização deste trabalho as seguintes estruturas têxteis:

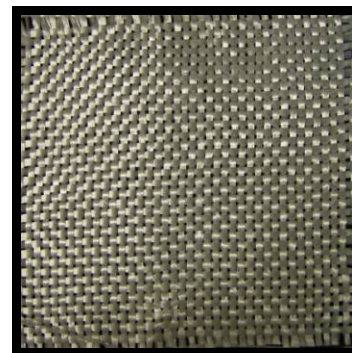
- Não-tecido;
- Malha de trama;
- Tecido.



a) Não-tecido



b) Malha de trama jersey simples



c) Tecido em tafetá

Figura 38 - Estruturas têxteis utilizadas

3.3 Caracterização estrutural

No âmbito desta fase do trabalho foi efectuada uma caracterização básica das estruturas utilizadas

3.3.1 Tecido

No Quadro3, constam as características estruturais do tecido utilizado.

Quadro 3 - Caracterização estrutural do tecido

Massa por unidade de área (g/m ²)	851,50
Número de fios/10cm (teia/trama)	20/20
Espessura (mm)	1,30
Debuxo	tafetá

3.3.2 Não-Tecido

No Quadro 4 apresentam-se as características da estrutura de não-tecido que foi utilizada como base que sofreu as combinações entre a estrutura de tecido e malha.

Quadro 4 - Caracterização estrutural do Não-tecido

Massa por unidade de área (g/m ²)	769,00
Espessura (mm)	1,30
Comprimento de fibra (mm)	112,34
Técnica de formação da manta	desconhecida
Técnica de ligação da manta	agulhagem

3.3.3 Malha

As características estruturais da estrutura de malha utilizada apresentam-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Caracterização estrutural da malha

Massa por unidade de área (g/m ²)	343,50
Número de colunas/cm	3
Número de fileiras/cm	6
Espessura (mm)	2,34

3.2 Planificação das estruturas a produzir

A planificação das estruturas foi realizada segundo o esquema que se apresenta na Figura 39. Os parâmetros de agulhagem foram mantidos constantes na produção de todas as estruturas híbridas com tecido. Desta forma foram produzidas quatro estruturas híbridas

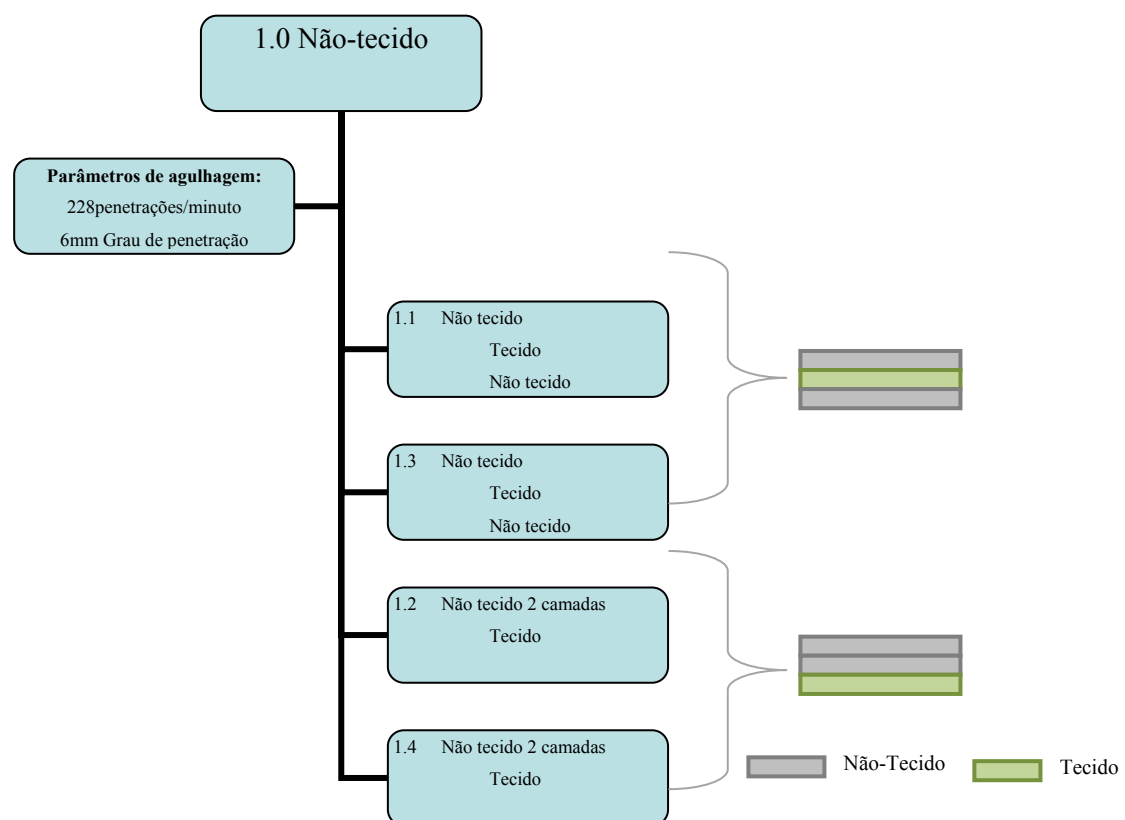


Figura 39 - Planificação das estruturas híbridas não-tecido/tecido

Tal como se encontra ilustrado no esquema, foram construídas quatro estruturas híbridas combinando as estruturas de base apresentadas:

1.0 – Não-tecido com duas camadas e duas passagens na agulhadeira

- 1.1 – Estrutura híbrida constituída por duas camadas de não-tecido e uma de tecido entre elas. Efectuaram-se duas passagens na agulhadeira
- 1.2 - Estrutura híbrida constituída por duas camadas de não tecido e uma de tecido no meio. Efectuaram-se quatro passagens na agulhadeira
- 1.3 - Estrutura híbrida constituída por duas camadas de não tecido com uma camada de tecido no topo. Efectuaram-se duas passagens, com a camada de não-tecido virada para cima.
- 1.4 - Estrutura híbrida constituída por duas camadas de não-tecido e uma camada de tecido no topo. Efectuaram-se quatro passagens, duas com o não-tecido no topo e duas com o tecido no topo (após 2 passagens na agulhadeira a estrutura foi virada, de forma a ser agulhada sos dois lados).

A Figura 40 apresenta o esquema de planificação das estruturas híbridas não-tecido/malha.

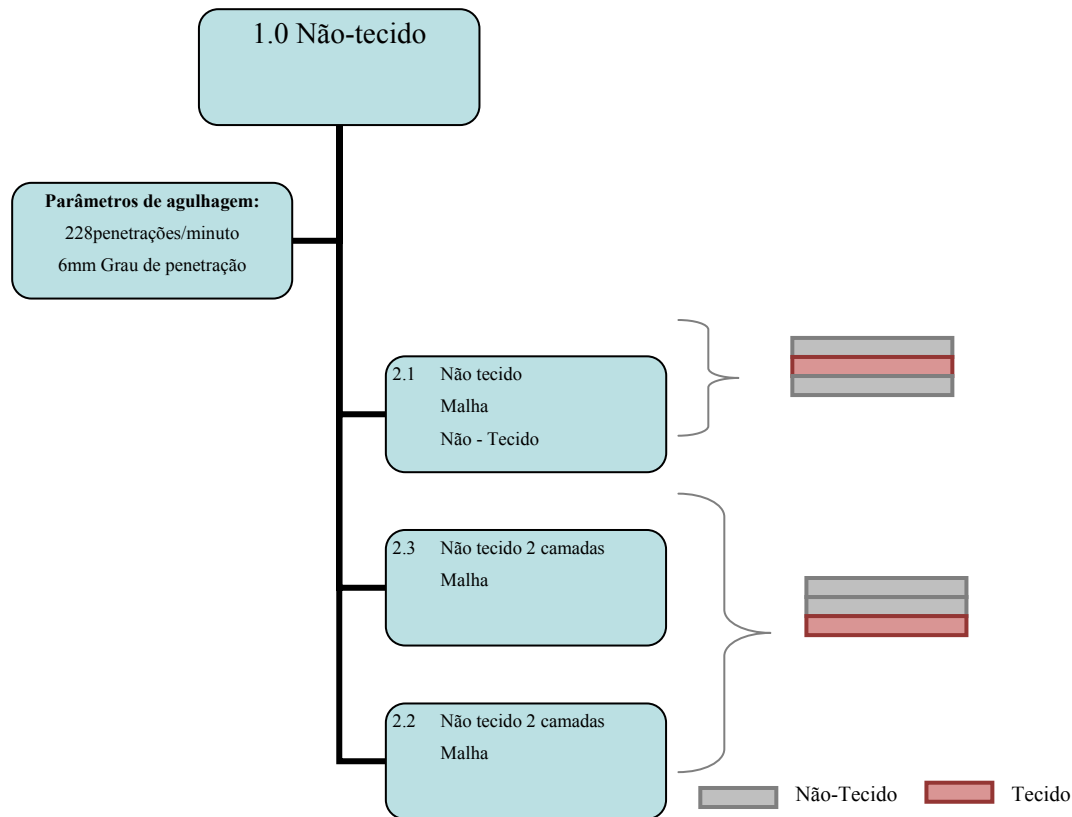


Figura 40 - Planificação das estruturas híbridas não-tecido/malha

Tal como está ilustrado no esquema, foram construídas três estruturas com base em não-tecido e com ligação por agulhagem da estrutura de malha, incluindo:

- 2.1 Estrutura híbrida, constituída por duas camadas de não tecido e uma de malha no meio. Efectuaram-se duas passagens na agulhadeira.
- 2.2 Estrutura híbrida, constituída por duas camadas de não-tecido e uma de malha no topo. Efectuaram-se duas passagens, uma com o não tecido no topo e outra com a malha no topo.
- 2.3 Estrutura híbrida constituída por duas camadas de não-tecido e uma malha no topo. Efectuaram-se quatro passagens na agulhadeira.

3.3 Tecnologia de ligação das estruturas

A tecnologia de ligação das estruturas foi o método de agulhagem utilizada na produção de não-tecidos. Assim as estruturas híbridas Não-tecido – Tecido e Não tecido – Malha, foram combinadas com a interação de agulhas de entalhes, que efectuam o transporte das fibras do não-tecido para a estrutura de malhas ou tecido., ligando-as.

Para o caso das amostras híbridas de malha, foi necessário desenvolver um processo de fixação preliminar, isto devido ao comportamento da malha de trama em jersey simples, pois enrolava nas pontas. Deste modo todas as amostras híbridas de malha foram fixadas previamente com fita adesiva.

A agulhadeira utilizada apresenta-se na Figura 41.

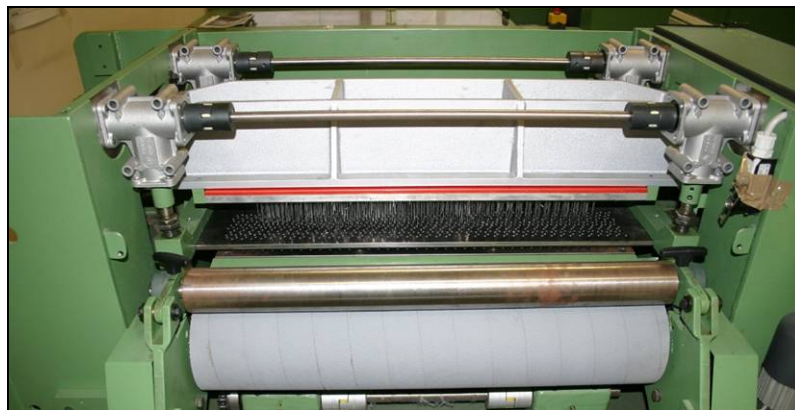


Figura 41 - Equipamento de agulhagem utilizado na ligação das várias estruturas

Características da agulhadeira/agulhagem

- **Marca** - Automatex
- **Nº. De placas de agulhas** – 1
- **Agulha utilizada** – 15x18x38x3 R222 G3017

CAPÍTULO IV

COMPORTAMENTO EM TRACÇÃO DAS ESTRUTURAS HÍBRIDAS

4.1 Procedimento de ensaio de tracção

Efectuaram-se ensaios de tracção às estruturas híbridas não-tecido/tecido segundo a norma EN ISO 9073-8: 2002.

Foi utilizada a máquina de tracção universal HOUSFIELD H10KS.

As amostras para o ensaio de tracção foram preparadas com 200 x 50 mm, segundo a norma.

Todos os ensaios foram realizados com uma pré-tensão de 5N e com uma velocidade de 100 mm/min. A distância entre maxilas

4.1.2 – Preparação dos provetes

As amostras das estruturas de tecido e malha foram preparadas consoante a norma. No entanto ao efectuarem-se ensaios de tracção, verificou-se que as amostras base em tecido, assim como as amostras híbridas não-tecido e tecido sofriam escorregamento aquando do ensaio de tracção. Deste modo foi necessário desenvolver um processo de resinagem na zona das maxilas para evitar o escorregamento dos filamentos de vidro.

4.2 Estruturas de base

4.2.1 Não-tecido

A Figura 42 ilustra o ensaio de tracção efectuado sobre os provetes em não-tecido.



Figura 42 - Ensaio de tracção sobre um provete de não tecido

A Figura 43, apresenta a curva de comportamento para a estrutura de não tecido na direcção da máquina.

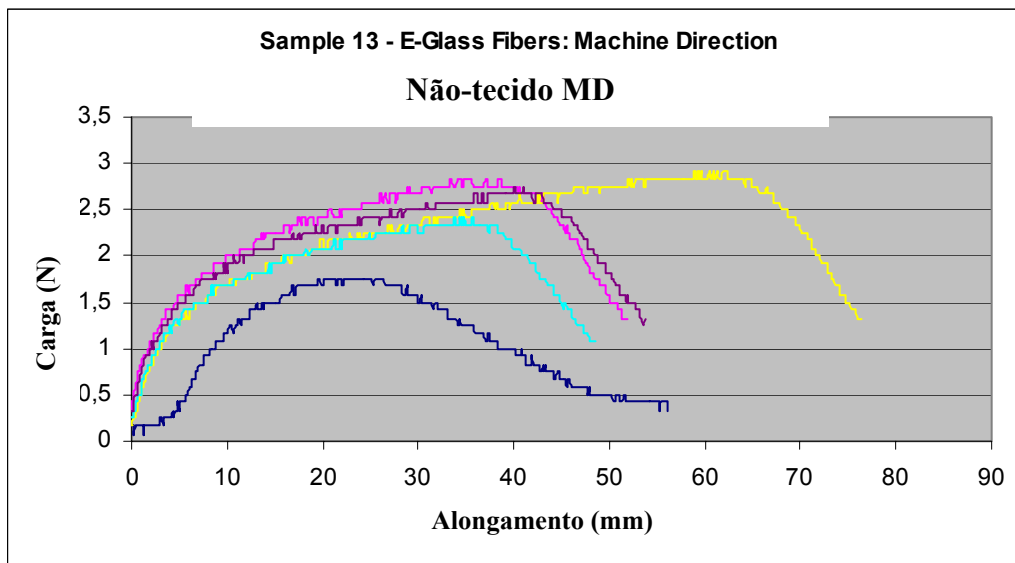


Figura 43 - Comportamento em tracção da estrutura de não-tecido na direcção da máquina

A Figura 43 demonstra o comportamento da estrutura de não-tecido na direcção da máquina. É visível para todas as amostras, que a resistência á tracção desta estrutura é

baixa, não chegando a atingir 3N. Isto deve-se ao facto do não-tecido utilizado ter uma baixa integração, pois a estrutura apenas sofreu uma pré-agulhagem.

A Figura 44, apresenta os resultados dos ensaios de tracção das amostras de não-tecido

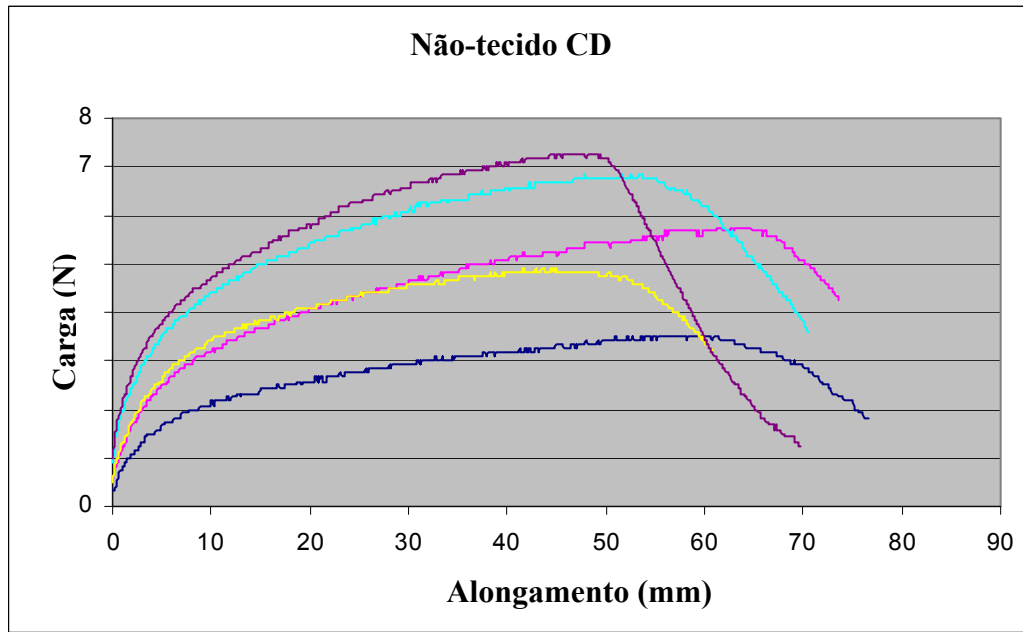


Figura 44 - Comportamento em tracção da estrutura de não-tecido na direcção da máquina

A Figura 44, mostra o comportamento da estrutura de não-tecido à tracção. Deste modo, verifica-se que a resistência à tracção da estrutura é baixa, atingindo cerca de 7N em uma das amostras. Isto deve-se ao facto da estrutura ter um baixo grau de integração, ou seja a estrutura apenas sofreu uma pré-agulhagem

4.2.2 Tecido

O tecido de base foi ensaiado nas direcções da trama e da teia. A Figura 45 ilustra um ensaio de tracção.



Figura 45 - Ensaio de tracção a um provete de tecido

No Quadro 6 , estão presentes os valores estatísticos de alongamento e carga máxima das amostras de tecido na direcção da trama

Quadro 6 – Comportamento à tracção do tecido à trama

	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
Média	6,35	5281,00
Desvio padrão	7,42	941,86

No Quadro 7, constam os valores de carga máxima e respectivo alongamento do tecido à teia.

Quadro 7 - Comportamento á tracção do tecido á teia

	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
Média	7,25	4893,50
Desvio padrão	1,65	1682,21

As Figura 46 e 47, mostram o comportamento à tracção das amostras de tecido na direcção da trama e teia.

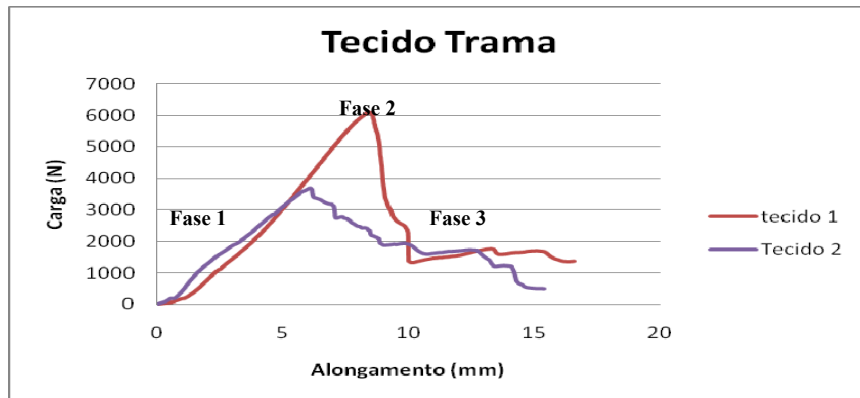


Figura 46 - Comportamento à tracção do tecido na direcção da trama

O comportamento da curva na direcção da trama, divide-se em 3 fases distintas. Na primeira fase, verifica-se um rápido aumento de carga em relação ao alongamento. Na fase 2 verifica-se a quebra da estrutura, seguindo-se um decréscimo de carga extremamente rápido, sendo mais evidente na amostra 1. A fase 3, diz respeito a uma zona de estabilização de carga, que ocorre para as duas amostras a cerca de 2000N.

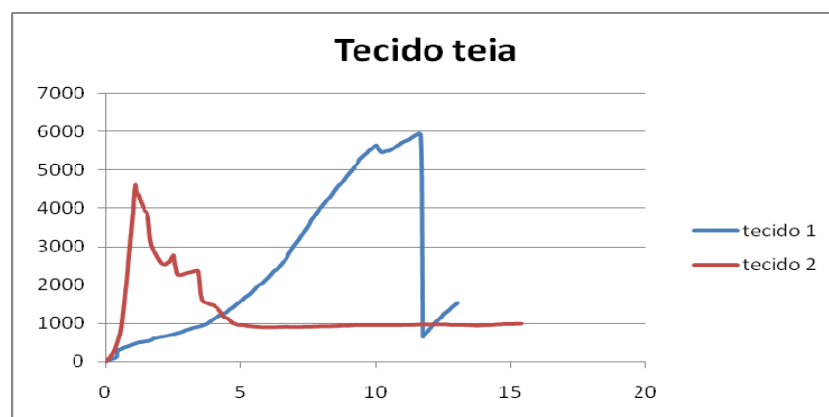


Figura 47- Comportamento à tracção do tecido na direcção da teia

O comportamento da curva na direcção da teia, apresentado na Figura 47, segue de igual forma as 3 fases, no entanto é visível uma diferença de alongamento á ruptura das duas amostras. No caso da amostra 1, a primeira fase tem um comportamento um pouco diferente do que é habitual nos tecidos, pois não é evidente um crescimento linear da curva nesta zona.

4.2.3 Malha

Foram realizados ensaios de tracção às amostras de malha, na direcção das colunas e das fileiras. Os Quadros 8 e 9 apresentam os resultados obtidos para a carga máxima e respectivo alongamento.

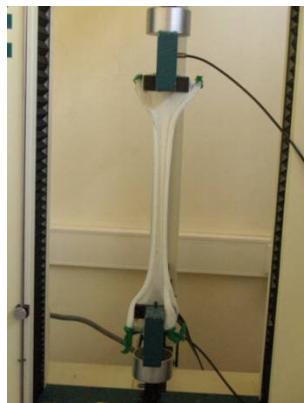


Figura 48 – Ensaio de tracção à estrutura de malha

O Quadro 8 e 9, apresentam os resultados estatísticos do ensaio à estrutura de malha na direcção das colunas e fileiras.

Quadro 8 - Comportamento à tracção da malha na direcção das colunas

	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
Média	131,73	238,67
Desvio padrão	19,11	5,13
CV%	15	2

Quadro 9 - Comportamento à tracção da malha na direcção das fileiras

	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
Média	144,33	253
Desvio padrão	10,07	34,64
CV %	7	14

Os Quadros 8 e 9, apresentam os valores de alongamento médio para a estrutura de malha. O alongamento na direcção das colunas é inferior ao alongamento em direcção das fileiras, o que é comum no comportamento de malhas. A nível de carga máxima média, verifica-se que esta é superior na direcção das fileiras.

A Figura 49 mostra o comportamento das estruturas de malha na direcção das colunas.

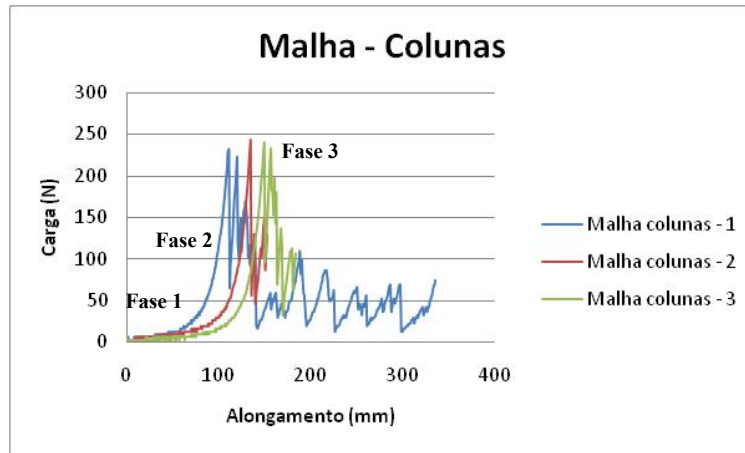


Figura 49 - Comportamento á tracção da estrutura de malha na direcção das colunas

As curvas carga-alongamento apresentadas ilustram o comportamento característico das estruturas de malha:

Fase 1 – deformação inicial da estrutura ou de pequenas cargas provocam alongamentos elevados, devido à deformação das laçadas;

Fase 2 – zona linear do comportamento onde a estrutura apresenta maior rigidez pelo facto das fibras estarem orientadas na direcção da carga; atinge-se o ponto de carga máximo;

Fase 3 – rebentamento do fio que compõe as laçadas levando à obtenção de pequenos picos na curva carga-alongamento.

A Figura 50, apresenta as curvas de comportamento da estrutura de malha na direcção das fileiras.

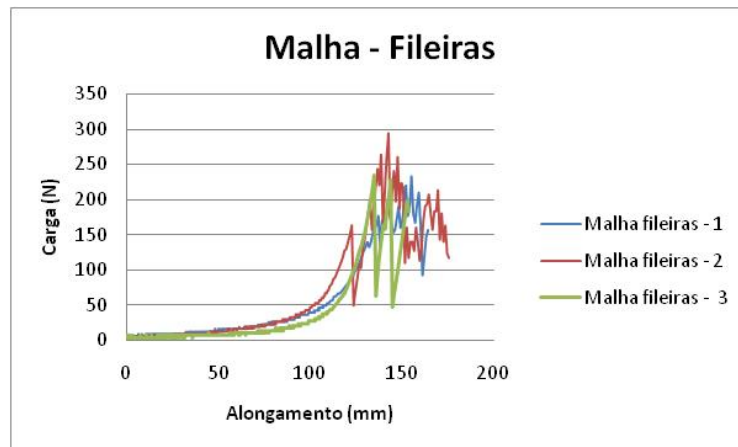


Figura 50 – Comportamento à tracção da estrutura de malha na direcção das fileiras

Para o caso das fileiras, é também verificada a divisão em 3 fases distintas, como foi apresentado para as colunas.

O alongamento à ruptura é superior na direcção das fileiras do que na direcção das colunas, o que é um comportamento característico de uma estrutura de malha, pois é nesta direcção que as laçadas se formam e aguentam uma maior deformação.

4.3 Estruturas híbridas Tecido/Não-tecido

Foram realizados ensaios de tracção às amostras de estrutura híbrida Tecido/Não-tecido. Os ensaios de tracção foram realizados segundo a mesma norma utilizada para as amostras simples. Foram realizados ensaios de tracção na direcção MD (*Machine direction*), ou seja, na direcção da saída do não tecido da máquina, assim como na direcção CD (*Cross direction*), direcção transversal à saída do não-tecido da máquina. Foram realizados 5 ensaios para cada amostra

4.3.1 Estrutura híbrido 1.1 (*Não-tecido+Tecido+Não-tecido*)

No Quadro 10 são apresentados os valores de carga máxima e respectivo alongamento do conjunto de amostras na direcção da máquina – MD e CD.

Quadro 10 - Comportamento à tracção da amostra 1.1

Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)	Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
1.1 MD1	9,24	5408	1.1 CD1	15,12	3328
1.1 MD2	6,52	2158	1.1 CD2	4,88	2900
1.1 MD3	6,08	3704	1.1 CD3	7,1	4615
1.1 MD4	6,44	5415	1.1 CD4	7,05	4605
1.1 MD5	5,57	4885	1.1 CD5	6,72	4710
Média	6,77	4314,00	Média	8,17	4031,60
Desvio padrão	1,43	1392,44	Desvio padrão	3,99	852,19
CV%	21	32	CV%	49	21

Os resultados da amostra 1.1 (não-tecido+tecido+nãotecido), apresentam um coeficiente de variação elevado, sendo que na direcção transversal é superior a nível de alongamento e inferior a nível de carga máxima.

O desempenho ao nível de carga máxima é superior em MD, sendo que a diferença não seja muito significativa, atendendo aos elevados coeficientes de variação.

A Figura 51 ilustra as curvas carga-alongamento para a estrutura Híbrida 1.1 MD.

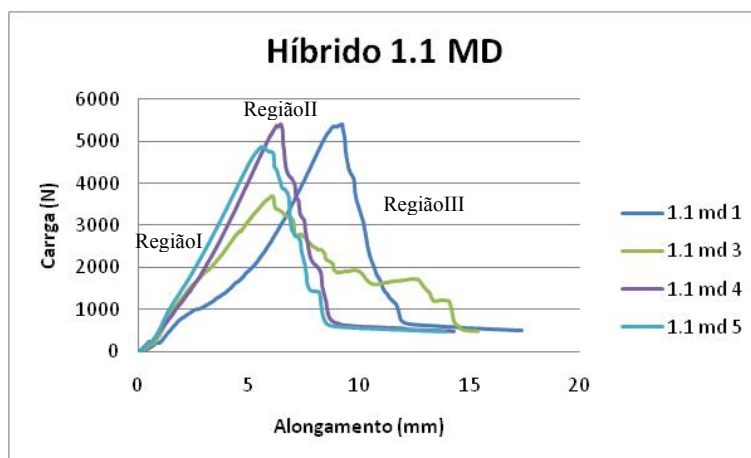


Figura 51 - Comportamento da estrutura híbrida 1.1 na MD

Na Figura 51, são visíveis as curvas de comportamento das estruturas híbridas na direcção transversal. É visível nas curvas a existência de 3 regiões diferentes:

Região I – zona linear do comportamento, estrutura apresenta maior rigidez, pois as fibras estão orientadas na direcção da carga.

Região II – atinge-se o ponto de carga máximo

Região III – zona de decréscimo de carga, ocorre rebentamentos sucessivos na estrutura.

A Figura 52, apresenta a amostra 1.1 na direcção transversal à máquina.

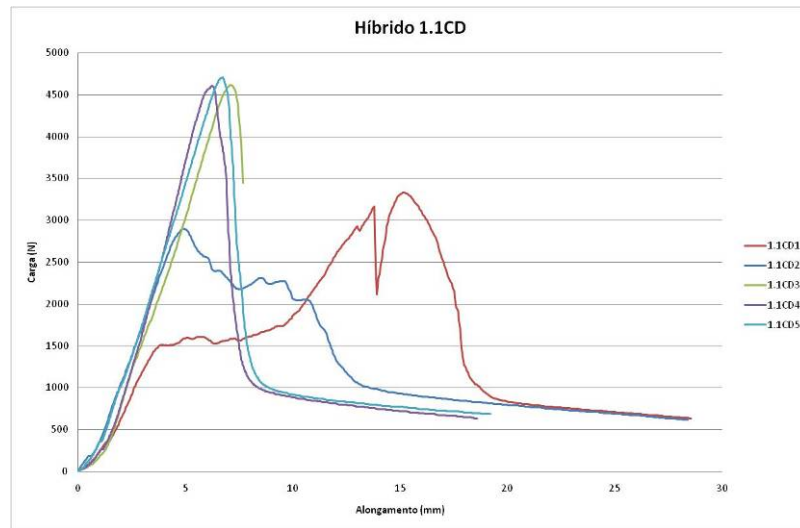


Figura 52 - Comportamento da estrutura híbrida 1.1 na direcção transversal à máquina

Quando analisada na direcção transversal, verifica-se que as amostras 1 e 2 têm um comportamento diferente às restantes amostras. No caso da amostra 1, esta demonstra um alongamento de 15,12mm a uma carga de 3328N o que é significativamente diferente das restantes amostras. Esta diferença, pode estar relacionada com o rebentamento de fios da estrutura de tecido aquando da agulhagem.

De um modo geral na direcção CD, o comportamento é semelhante a MD, verificando-se da mesma forma a existência de 3 regiões distintas.

4.3.2 Estrutura híbrida Não-tecido +Tecido+Não tecido

A estrutura híbrida 1.2, difere do anterior, pelo número de passagens efectuadas na agulhadeira. Neste caso efectuaram-se 4 passagens, ou seja, é de prever uma maior integração da estrutura.

O Quadro 11, apresenta os resultados das amostras híbridas 1.2 na direcção da máquina e na direcção transversal à máquina. Os resultados demonstram que o coeficiente de variação é bastante elevado. Na direcção MD ronda os 50% e na direcção CD no Alongamento 20% e na carga máxima 37%.

Quadro 11 - Comportamento da estrutura híbrida 1.2 (não-tecido+tecido+não-tecido)

Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)	Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
1.2 MD1	5,96	2168	1.2 CD1	7,08	1590
1.2 MD2	7,43	6645	1.2 CD2	8,08	3920
1.2 MD3	4,35	1746	1.2 CD3	5,52	2588
1.2 MD4	6,3	4095	1.2 CD4	7,84	4625
1.2 MD5	15,52	3156	1.2 CD5	5,15	3224
Média	7,91	3562	Média	6,73	3190,6
Desvio padrão	3,93	1743	Desvio padrão	1,34	1172,23
CV%	50	49	CV%	20	37

O Quadro 12, apresenta os resultados das amostras híbridas 1.2 na direcção da máquina e na direcção transversal à máquina. Os resultados demonstram que o coeficiente de variação é bastante elevado.

Os valores médio de carga máxima, é superior em MD do que em CD, embora que a diferença não seja significativa devido a variabilidade dos resultados

As Figuras 53 e 54, mostram as curvas carga-alongamento para as amostras da estrutura híbrida 1.2. Foram realizados ensaios na direcção da máquina e ensaios na direcção transversal à máquina.

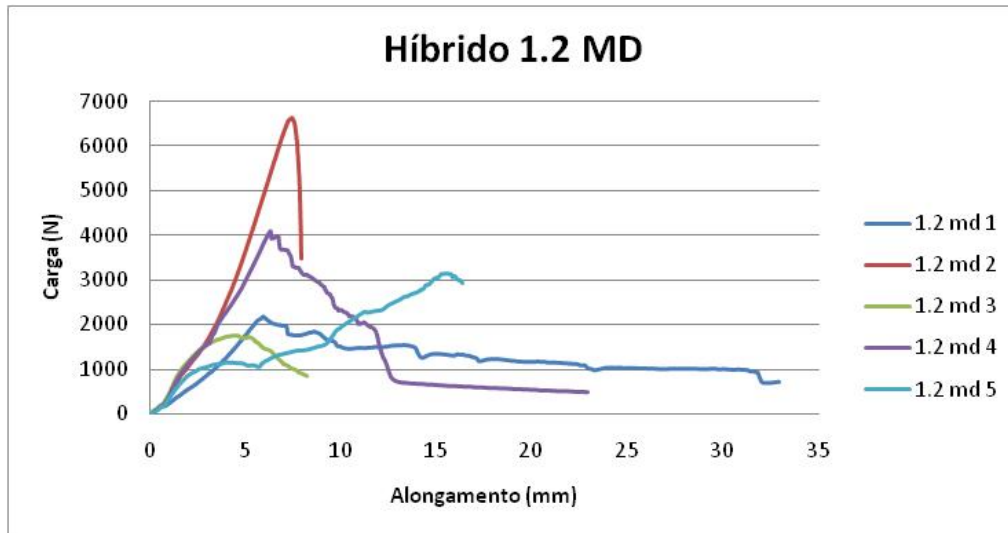


Figura 53 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 na direcção de máquina.

Na Figura 53, verifica-se que todas as amostras tiveram um comportamento muito irregular, com a excepção da amostra 1.2MD 2, que apresenta um comportamento semelhante às amostras de tecido simples. A grande variabilidade de resultados, pode dever-se ao facto de a agulhagem ser excessiva, ou seja no caso da amostra 1.2, foi efectuada uma segunda passagem na agulhadeira, deste modo poderá ter existido uma maior quebra das fibras, assim como dos fios do tecido.

A Figura 54, apresenta o comportamento da estrutura híbrida não-tecido+tecido+não-tecido.

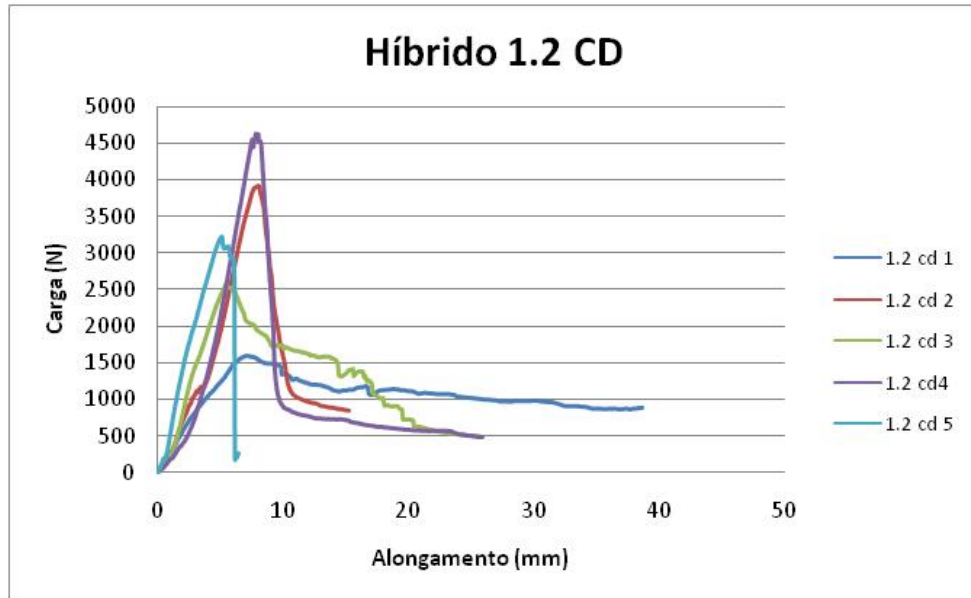


Figura 54 – Comportamento do híbrido 1.2 na direcção transversal à máquina

Na direcção transversal à saída da máquina, as amostras 3 e 5, apresentam carga máxima bastante baixa em relação às restantes amostras. O alongamento à carga máxima verifica-se em todas as amostras entre 5 e 8mm.

Para o caso das amostras em CD, verifica-se uma maior homogeneidade no comportamento das curvas.

Verifica-se também neste gráfico, um comportamento da curva que pode ser dividido em três regiões diferentes, como foi já referido para a amostra 1.1.

4.3.3 Estrutura híbrida Tecido+Não-tecido+Não-tecido

Foram realizados apenas dois ensaios válidos para as amostras do híbrido 1.3. Os ensaios foram realizados na direcção da máquina e na direcção transversal à máquina.

O Quadro 12, apresenta os resultados referentes ao ensaio de tracção da estrutura híbrida 1.3.

Quadro 12 - Comportamento à tracção das amostras 1.3 MD e CD

Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)	Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
1.3 MD1	6,24	4605	1.3 CD1	4,74	3400
1.3 MD2	5,8	3008	1.3 CD2	6,38	2178
Média	6,02	3806,50	Média	5,56	2789
Desvio padrão	0,31	1129,25	Desvio padrão	1,16	864,08
CV%	5%	30	CV%	21	31

Nas Figuras 55 e 56 apresentam-se as curvas carga-alongamento para as estruturas híbridas 1.3 referentes à combinação de duas camadas de não-tecido com tecido. Os ensaios de tracção foram realizados, na direcção de saída do não-tecido da máquina assim como na direcção transversal.

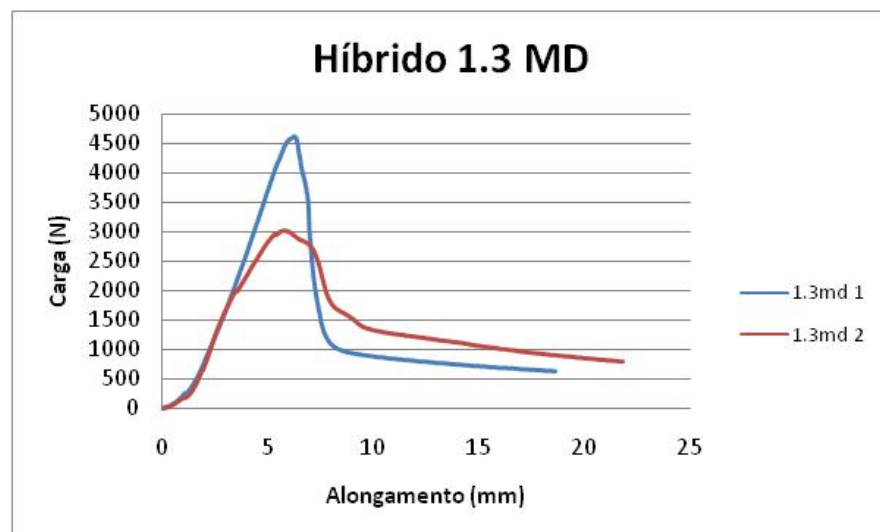


Figura 55 - Comportamento da estrutura híbrida 1.3 na direcção da máquina

Na Figura 55, é visível que as curvas têm um comportamento semelhante entre si, sendo que a amostra 2 tem uma carga de ruptura mais baixa em relação à amostra 1.

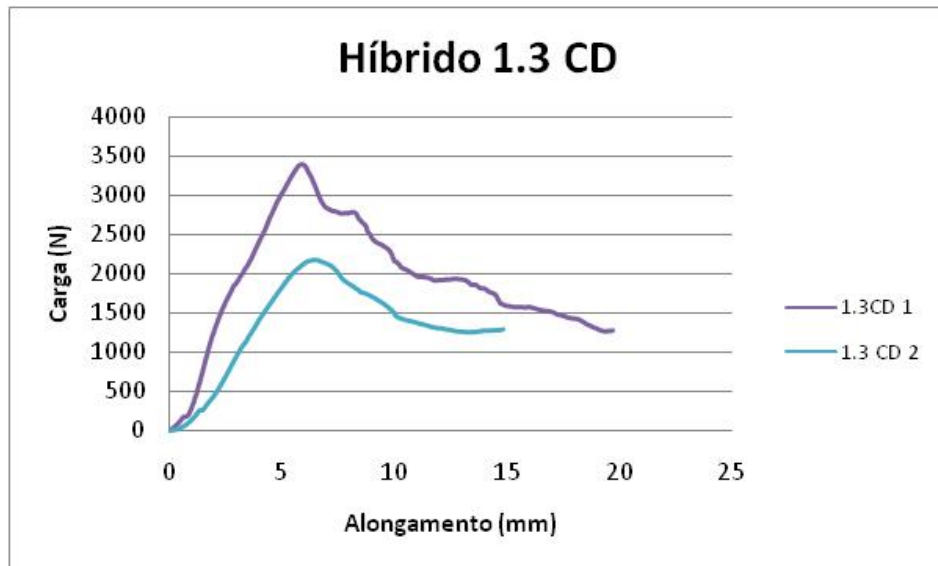


Figura 56 - Comportamento da estrutura híbrida 1.3 na direcção transversal à máquina

Na Figura 56, é visível o comportamento das curvas referentes ao híbrido 1.3 na direcção transversal à máquina. As curvas têm um comportamento semelhante, embora que é visível uma diferença de carga máxima à ruptura na amostra 2.

As curvas de comportamento à tracção, têm comportamentos distintos em MD e CD. Na direcção MD, verifica-se que existe uma carga máxima superior do que em CD.

As 3 fases da curva, podem aqui também ser identificadas, como nos exemplos anteriores.

4.3.4 – Estrutura híbrida Tecido+Não-tecido+Tecido

Foram realizados ensaios de tracção às amostras da estrutura híbrida 1.4 que combina tecido, não-tecido e tecido. Estas amostras diferem das anteriores, apenas no número de passagens na agulhadeira. Neste caso houve 4 passagens, o que significa que o grau de integração das duas estruturas deverá ser superior.

No Quadro 13, constam os resultados obtidos nos ensaios de tracção. O valor médio de alongamento à ruptura em MD é de 7,41mm, sendo que em CD é 6,21mm. No que diz respeito à carga máxima, no caso de MD é 2887,5N e CD 3996,33N.

Quadro 13 - Comportamento da estrutura híbrida 1.4 à tracção

Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)	Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
1.4 MD1	7,75	3516	1.4 CD1	5,56	4670
1.4 MD2	7,46	2840	1.4CD2	5,62	4115
1.4 MD3	7,46	3204	1.4CD3	6,44	3204
1.4MD4	6,96	1990		–	–
Média	7,41	2887,5	Média	6,21	3996,33
Desvio padrão	0,33	659,03	Desvio padrão	1,07	740,17
CV%	4	23	CV%	17	19

As Figuras 57 e 58 que se seguem dizem respeito à estrutura híbrida 1.4 em MD e CD.

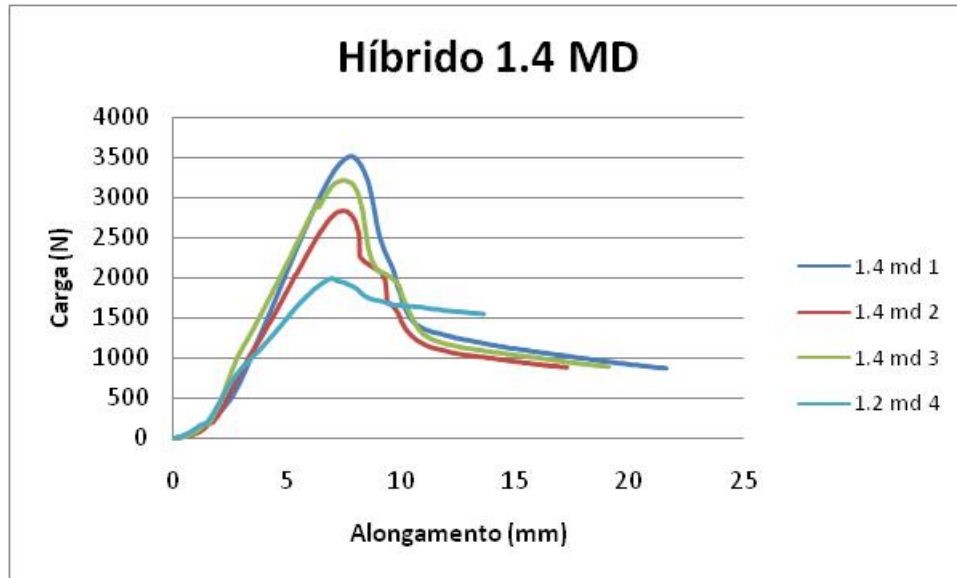


Figura 57 – Comportamento da estrutura híbrida 1.4 na direcção da máquina

As amostras híbridas 1.4, na direcção da máquina, apresentam um comportamento muito semelhante. Quanto aos valores de carga máxima à ruptura, este varia entre 1990N, que é o caso da amostra 4 e 3516N referente à amostra 1. O alongamento à carga máxima é muito semelhante, como se pode verificar na curva ou até mesmo pelo baixo coeficiente de variação que apresenta.

Nesta estrutura híbrida, verificou-se uma maior homogeneidade no que diz respeito ao comportamento das curvas. Na primeira fase da curva, as amostras têm todas um crescimento de carga linear até que é atingido o ponto de ruptura dos provetes, entrando num decréscimo rápido de carga, até encontrar a zona de estabilização, onde o decréscimo de carga é mais lento.

A Figura 58, apresenta a curva de comportamento na direcção transversal de saída da máquina

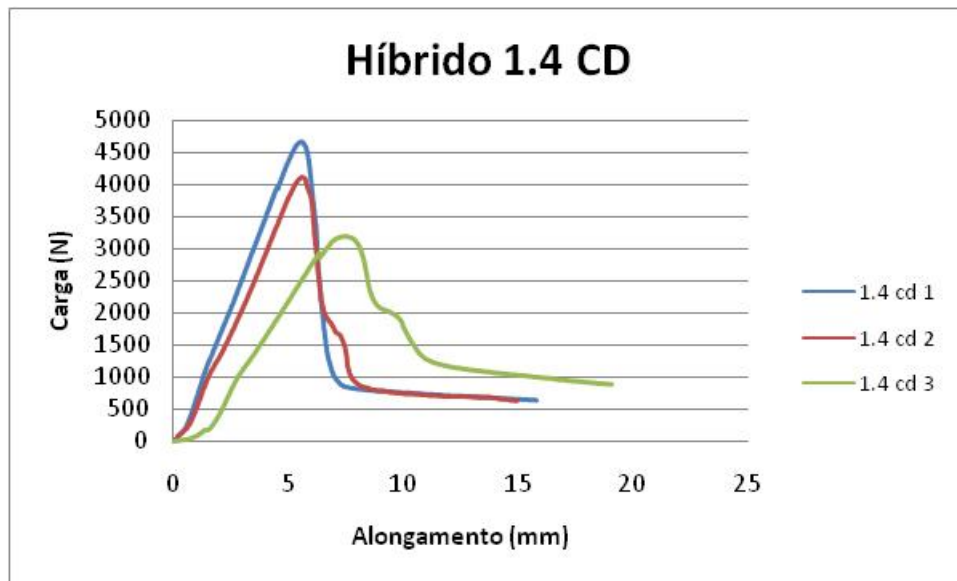


Figura 58 – Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.4 na direcção transversal à máquina.

No que diz respeito ao comportamento da estrutura híbrida 1.4 CD, é visível que as amostras 1 e 2 têm um comportamento muito semelhante.

A amostra 3 por sua vez apresenta uma curva que se afasta na direcção contrária a $x=0$. Apresenta um alongamento à ruptura superior e uma carga máxima inferior, em relação às restantes amostras.

No que diz respeito à comparação entre MD e CD, é visível um comportamento semelhante a nível das curvas, sendo que em CD a homogeneidade não é tão evidente como em MD, pois a amostra 3 em CD, tem um comportamento diferente das restantes, sendo que a fase 1 da curva está desfasada das restantes, ou seja, a carga tem um crescimento mais lento do que nas restantes amostras.

4.4 Estrutura híbrida Não-tecido/Malha

Devido à dificuldade de preparação das amostras para agulhagem, foram simplesmente efectuados dois ensaios de tracção para cada amostra. Uma na direcção das colunas e outra na direcção das fileiras.

Quadro 14 - Comportamento à tracção das estruturas híbridas

Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)	Amostra	Alongamento (mm)	Carga máxima (N)
2.1 fil	163	380	2.1 col	218	223
2.2 fil	169	253	2.2 col	169	255
2.3 fil	184	257	2.3 col	170	327

Os resultados obtidos, no que diz respeito às estruturas de malha, não têm um comportamento semelhante às estruturas de base. Isto porque as estruturas de malha têm normalmente um alongamento superior na direcção das fileiras do que nas colunas. Tal não se verificou nos ensaios efectuados às estruturas híbridas.

Estes resultados, podem ser devidos ao facto, das estruturas de malha usadas estarem sob tensão. Ou seja, foi desenvolvido um método de fixação das estruturas de malha, para que fosse possível o seu agulhamento.

4.4.1 Estrutura híbrida malha e não-tecido - fileiras

A Figura 59 mostra o comportamento das estruturas híbridas de malha e não-tecido.

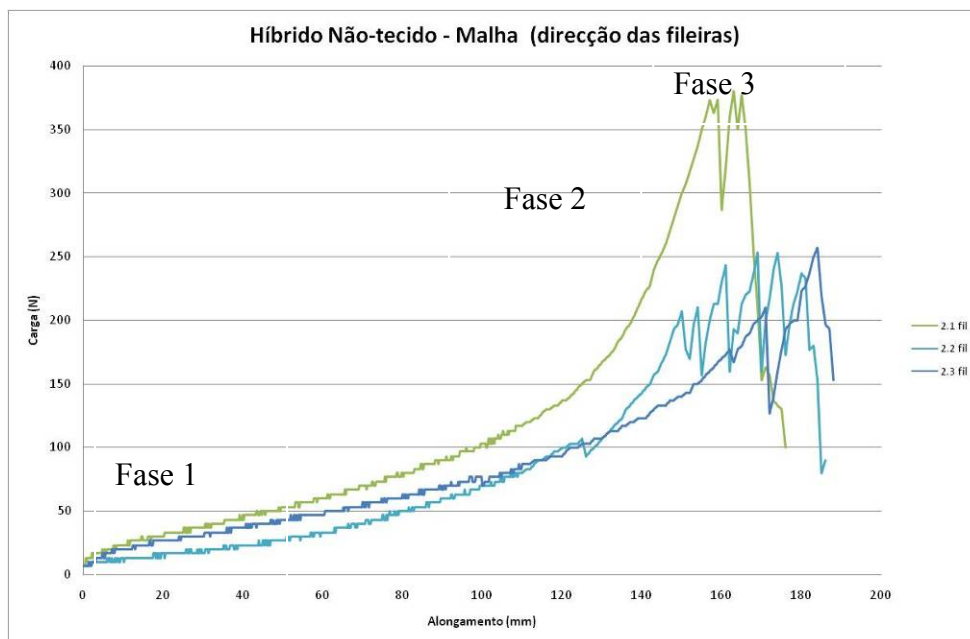


Figura 59 – Curva de comportamento das estruturas híbridas de malha combinada com não-tecido

As curvas da figura 53 demonstram que as amostras híbridas apresentam praticamente o mesmo comportamento. É visível na figura que a curva pode dividir-se em diferentes zonas.

Fase 1 – deformação inicial da estrutura ou de pequenas cargas provocam alongamentos elevados, devido à deformação das laçadas;

Fase 2 – zona linear do comportamento onde a estrutura apresenta maior rigidez pelo facto das fibras estarem orientadas na direcção da carga; atinge-se o ponto de carga máximo;

Fase 3 – rebentamento do fio que compõe as laçadas levando à obtenção de pequenos picos na curva carga-alongamento.

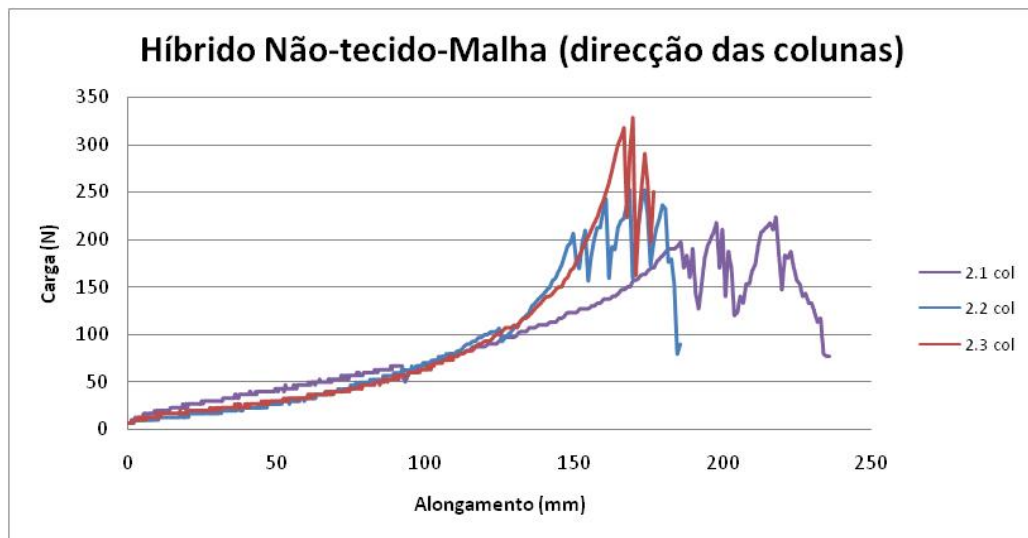


Figura 60 – Curva de comportamento das estruturas híbridas na direcção das colunas.

A curva da Figura 60, mostra que as estruturas híbridas de malha+não-tecido apesar dos diferentes métodos de produção e combinação das estruturas, apresentam o mesmo comportamento. São também visíveis as diferentes zonas, tais como no ensaio na direcção das fileiras.

4.4 Análise térmica das estruturas híbridas de Tecido + Não-tecido

Efectuaram-se filmagens com uma câmara de captação de imagens térmicas com o objectivo de se identificarem as áreas de maior tensão da amostra durante o ensaio de tracção.

O ensaio foi efectuado apenas em três amostras híbridas de Não-tecido/Tecido e para as amostras CD (direcção transversal à agulhagem). O objectivo destas filmagens, é ajudar a perceber quais as zonas da amostra que estão sob maior tracção.

4.4.1 Estrutura híbrida não-tecido+tecido+não-tecido

A Figura 61, diz respeito à filmagem efectuada aquando do ensaio de tracção da amostra 1.2 na direcção transversal da saída da máquina.

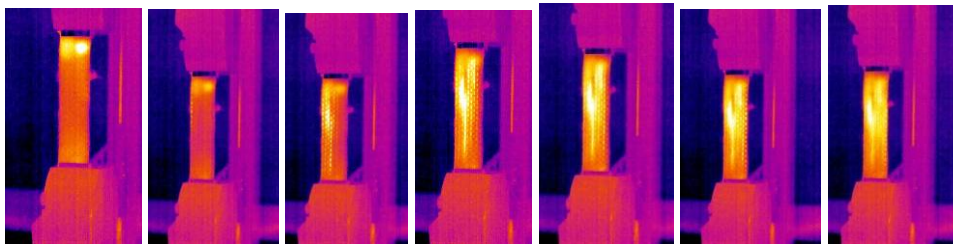


Figura 61 – Imagens de captação de calor da amostra híbrida não-tecido/tecido/nãotecido

Na sequência de imagens verifica-se que inicialmente existia mais calor na zona da maxila. O calor estava concentrado na zona da maxila superior, seguindo-se um crescimento gradual da zona de temperatura na parte central da amostra, sendo que no final, toda a amostra estava sob tensão emitindo calor.

4.4.2 Estrutura híbrida não-tecido+não-tecido+tecido

A Figura 62, mostra a sequência de imagens da amostra híbrida 1.3, na direcção transversal à máquina

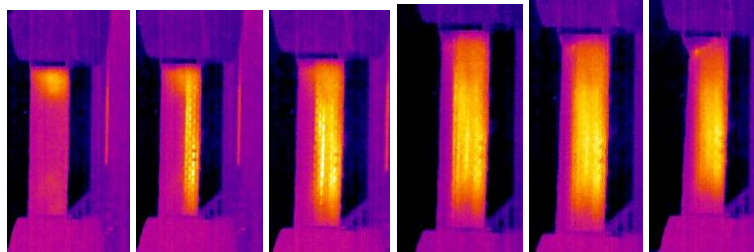


Figura 62 - Imagens de captação de calor da amostra híbrida não-tecido/não-tecido/tecido.

Muito semelhante ao resultado anterior, a zona inicial de calor verifica-se junto a maxila superior, seguindo-se neste caso um crescimento gradual da amostra da direita para a esquerda, sendo que a ponta esquerda da amostra não demonstra calor.

A captação de imagens de calor, aquando do ensaio de tracção, foi efectuada com o objectivo de se conseguir visualizar as zonas de calor da amostra, de modo a verificar a ligação das amostras. Foi verificado durante os vários ensaios de tracção, com captação de imagens, que é a estrutura de tecido a responsável pela resistência à tracção obtida, sendo que é visível nas imagens que é a estrutura que emite maior calor.

4.5 Análise de resultados

Vai ser efectuada uma análise de resultados comparativa das estruturas de base e estruturas híbridas.

4.5.1 Comportamento Não tecido vs Híbrido (Não –tecido/Tecido)

a) Híbrido1.1(*não-tecido+tecido+não-tecido*) vs Tecido

A Figura 63 mostra as curvas carga alongamento para a estrutura Híbrida 1.1 (Não-tecido + Tecido+Não-tecido), nas direcções MD e CD, bem como a curva típica de comportamento do tecido.

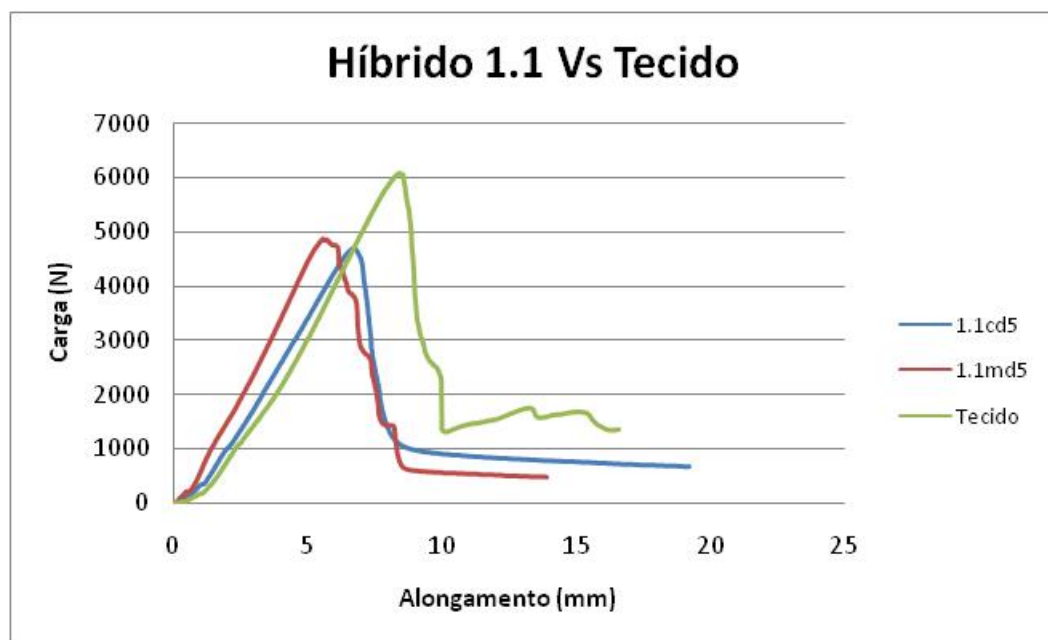


Figura 63 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.1 em comparação com o tecido

É visível na Figura 63, que a hibridização altera o comportamento da curva da estrutura de base. Verifica-se que existe uma deslocação da curva na direcção $x=0$, para as estruturas híbridas. Por outro lado verifica-se que a carga máxima nas estruturas híbridas é reduzida em cerca de 1000N. Deste modo as estruturas híbridas apresentam uma maior rigidez do que a estrutura de base.

Uma explicação possível para este fenómeno, é o facto de ao agulhar, as fibras e fios, sofrerem uma ligeira estiragem, fazendo com que estes entrem mais rapidamente em carga e apresentam um alongamento à carga máxima menor. Contudo, a agulhagem é também um processo agressivo para fibras e fios, pois podem sofrer danificações, o que explica a diminuição de carga máxima das estruturas híbridas.

b) Estrutura híbrida 1.2 (*não-tecido+tecido+não-tecido*) vs Tecido

A curva que se segue diz respeito à estrutura híbrida 1.2, que é idêntico ao anterior no que diz respeito ao número de camadas e posição das mesmas, simplesmente difere no número de passagens na agulhadeira.

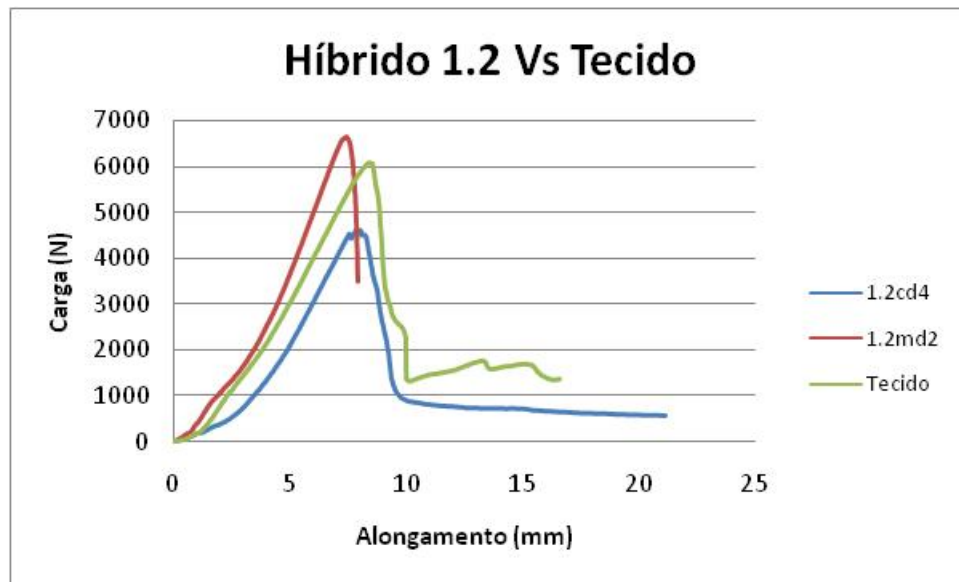


Figura 64 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 em comparação com o tecido

A Figura 64 mostra as curvas de tracção das estruturas híbridas em comparação com o tecido de base.

Analisando as curvas carga alongamento é possível verificar que as estruturas híbridas têm um comportamento semelhante à estrutura de tecido, sendo que para o caso da estrutura híbrida 1.2 md, verifica-se que existe uma carga máxima superior à estrutura de tecido, assim como apresenta uma maior rigidez. Pelo contrário, a estrutura 1.2 cd, apresenta uma carga máxima inferior à estrutura de base, assim como uma menor rigidez, que pode ser verificada na zona inicial da curva.

As diferenças entre CD e MD, poderão ser devidas ao facto de as fibras de não-tecido estarem orientadas nessa direcção, o que poderá contribuir para o comportamento diferente de MD.

c) Estrutura híbrida 1.4 *não-tecido+não-tecido+tecido*) vs Tecido

A Figura 65 mostra o comportamento da amostra híbrida 1.4 (Não-tecido+Não-tecido+ Tecido), em comparação com a amostra de tecido.

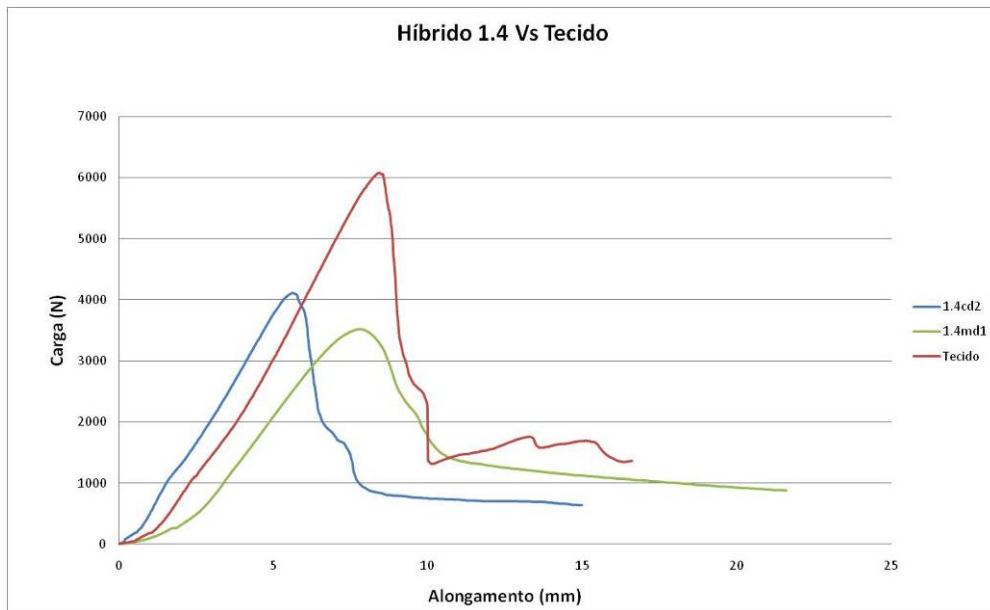


Figura 65 - Curva de comportamento da estrutura híbrida 1.2 em comparação com o tecido

É visível a partir das curvas que a hibridização altera o comportamento da estrutura de base tendo como referência a curva de tracção do tecido. Neste caso particular, verifica-se que numa das amostras, 1.4cd há um aumento de rigidez e uma diminuição da carga máxima, quando comparado com a estrutura de tecido. Por outro lado, a amostra 1.4md, demonstra uma menor rigidez e uma carga máxima à ruptura também menor.

4.5.2 Comportamento Malha Vs Não-tecido/Malha

a) Direcção das fileiras

A Figura 66 mostra o comportamento das estruturas híbridas de malha em comparação com a estrutura simples.

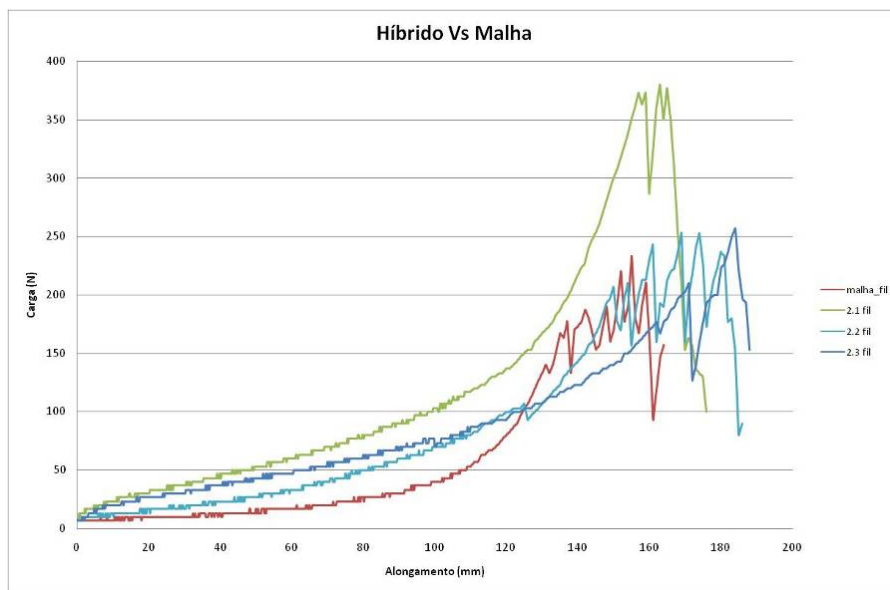


Figura 66 - Curva de comportamento das estruturas híbridas em comparação com a malha, na direcção das fileiras

A Figura 66, mostra que existe uma alteração de comportamento à tracção das estruturas híbridas quando comparada com a estrutura de base. Esta diferença é visível na zona inicial da curva, onde se verifica que nas estruturas híbridas existe uma linearização da curva de tracção na primeira fase da curva, o que faz com que a curva não seja característica de uma estrutura de malha.

b) Direcção das colunas

A Figura 67, apresenta o comportamento da estrutura de malha em comparação com as estruturas híbridas a direcção das colunas

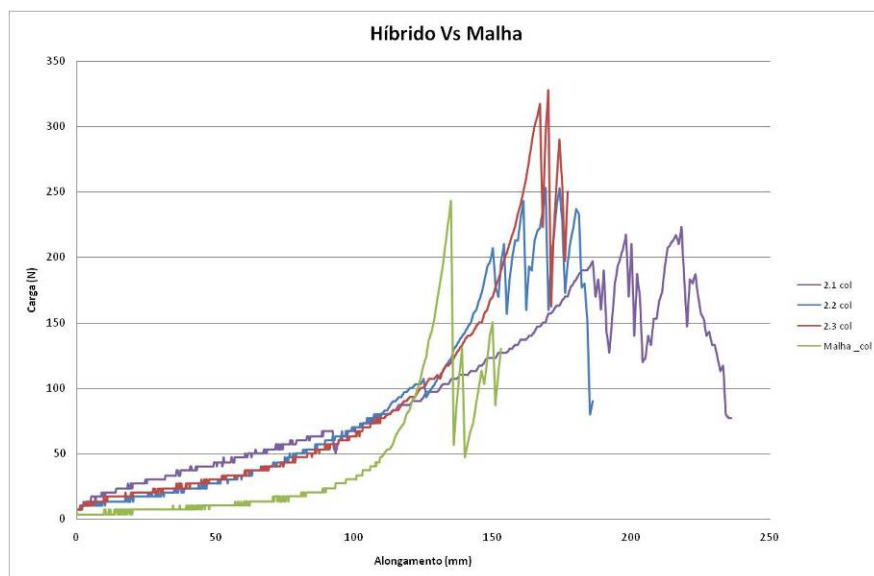


Figura 67 - Curva de comportamento das estruturas híbridas em comparação com a malha, na direcção das colunas

A Figura 67, apresenta as curvas de comportamento referentes às estruturas híbridas envolvendo malha, em comparação com a malha.

Da mesma forma que foi verificado na direcção das fileiras, existe uma linearização da curva na zona inicial do gráfico, para o caso das estruturas híbridas. Verifica-se em 2 amostras, 2.3 e 2.2, que há um aumento da carga máxima que a estrutura aguenta, mas isto após as primeiras rupturas, que são representadas pelos picos repetitivos que são verificados em todas os ensaios.

4.6 Discussão dos resultados

Analisando os resultados obtidos verifica-se na maior parte dos casos uma diminuição da Carga máxima. Em algumas amostras verifica-se que existe um deslocamento das amostras na direcção de $x = 0$. O que quer dizer que existe um estiramento das fibras e fios das estruturas de não-tecido, tecido e malha. Este deslocamento deve-se à estiragem presente no processo de agulhagem.

A estrutura híbrida 1.1 que diz respeito à combinação de *não-tecido+tecido+não-tecido* na direcção de saída da máquina, apresenta, em comparação com o tecido simples, um deslocamento em $x = 0$ embora que não sendo visível em todas as amostras. Este deslocamento, deve-se à estiragem presente no processo de agulhagem. Esta estiragem pode provocar uma maior rigidez. Na direcção transversal, as amostras apresentam um comportamento semelhante ao tecido simples, sendo que a carga máxima para as amostras híbridas sofre redução significativa.

Analisando os resultados para a estrutura híbrida 1.2, que diz respeito à combinação *não-tecido+tecido+não-tecido* (efectuou 2 passagens na agulhadeira) na direcção da máquina os resultados apontam para uma grande variabilidade pelo que não é possível estabelecer relações bem definidas sobre o efeito da hibridização no comportamento em tracção das estruturas. Por outro lado, na direcção transversal os resultados apresentam grande variabilidade, pelo que não é possível definir qual o efeito da hibridização.

As amostras 1.3, que diz respeito à combinação *não-tecido+não-tecido+tecido*, na direcção da máquina, apresentam um alongamento á ruptura inferior ao tecido, o que quer dizer que as amostras ao serem agulhadas sofrem um estiramento das fibras e filamentos. Na direcção transversal confirma-se a mesma tendência.

Na amostra 1.4, que diz respeito à combinação *não-tecido+nãotecido+tecido* (efectuou 2 passagens na agulhadeira) na direcção da agulhagem, tem um comportamento semelhante ao tecido, embora com uma carga mais baixa. Na direcção transversal, ocorre novamente um deslocamento na direcção de $x = 0$, que é visível em resultados anteriores.

No caso das amostras híbridas *não-tecido+malha*, na direcção das fileiras, verifica-se em todas as amostras uma carga superior na primeira zona da curva. Na direcção colunas, confirma-se o mesmo comportamento que na direcção das fileiras.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E PRESPECTIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

A fibra de vidro apresenta aplicações várias, dependendo da forma como é apresentada, quer seja em fibra cortada, manta de não-tecido, *roving*, fio, etc. Os tecidos em fibra de vidro aplicam-se em reforço de compósitos para a indústria de transportes ou na construção civil. Quando apresentados sob a forma de não-tecido, as aplicações principais são a área de filtração de produtos químicos ou elevadas temperaturas, assim como o isolamento térmico e acústico.

Deste modo, uma combinação tecido/não-tecido poderá ter vantagens de aplicação na área de reforço e isolamento. Normalmente um tecido constituído por filamentos contínuos de vidro tem um grau de cobertura muito baixa, ou seja, é bastante poroso, pois existem muitos espaçamentos inter-fios. Por outro lado, o não-tecido tem uma cobertura de superfície superior.

A aplicação de estruturas híbridas não-tecido/tecido em compósitos, será uma das aplicações mais relevantes para estas estruturas. Deste modo, o mercado potencial poderá ser a indústria automóvel ou a construção civil na fabricação de painéis de isolamento térmico e acústico, ou de fachada.

No caso das estruturas híbrida não-tecido/malha, as aplicações a nível de reforço não são tão interessantes como no caso anterior, pois é visível nos ensaios de tracção que estas estruturas apresentam baixa resistência à tracção quando comparadas com as estruturas híbridas não-tecido/tecido. Por outro lado, a conformabilidade da estrutura de malha é vantajosa e poderá ser utilizada em compósitos 3D com forma.

O trabalho realizado, consitiu na combinação da estrutura de não-tecido com estrutura de tecido e malha. No que diz respeito à combinação não-tecido-tecido, é visível uma alteração do comportamento da curva de tracção, assim como uma diminuição da carga à ruptura. Nas estruturas híbridas, não-tecido/malha, é visível uma alteração no

comportamento da curva, principalmente na zona inicial onde se verifica uma carga superior na zona inicial da curva, quando comparada com a estrutura de malha. No que diz respeito à carga de ruptura, no caso das estruturas híbridas de malha, não se verifica uma diminuição significativa, quando comparada com a estrutura de malha simples.

5.2 Perspectivas futuras

O presente trabalho considera-se como um estudo preliminar no que diz respeito ao comportamento de estruturas híbridas Nao-tecido/Tecido e Nao-tecido malha.

Como trabalho futuro, deveriam produzir-se estruturas diferenciadas, assim como por exemplo utilizar malhas de teia e estruturas direccionalmente orientadas em combinação com a estrutura de não-tecido, com o objectivo de aprofundar o conhecimento na área de hibridização de estruturas têxteis

A nível das fibras, seria também interessante variar o tipo de fibra de base e comparar ao comportamento de estruturas, com base em diferentes fibras.

Poderia ser explorada também, a possibilidade de juntar outras estruturas, como por exemplo: Tecido/Malha e verificar o comportamento do híbrido resultante.

A nível de avaliação mecânica das estruturas, poderiam efectuar-se outros ensaios, assim como, rebentamento multidireccional e punçoamento, com o objectivo de verificar e comparar o comportamento da estrutura híbrida com a estrutura de base.

Seria também interessante converter as estruturas híbridas em compósitos, com a aplicação de resina e testar o seu comportamento em comparação com as estruturas de base.

Por último, atendendo às propriedades das estruturas resultantes, deveriam definir-se aplicações mais concretas da sua aplicação e definir ensaios de comportamento atendendo à aplicação seleccionada.

6. Referencias Bibliográficas

- [1] <http://cognitex.com.pt>, 30/06/2008
- [2] HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C.; “Handbook of technical textiles”; Woodhead Publishing Limited; 2000
- [3] KOSLOWSKI Hans-J.; “*Chemiefaser Lexicon*” Deutscher Fachverlag GmbH; 2008
- [4] LOY, Water; „*Chemiefasern für technische Textilprodukte*“ Deutscher Fachverlag; 2006
- [5] MARTINEZ Alonso “Fibras de Carbono” (1996)
- [6] ARAÚJO, M.; FANGUEIRO, R.; HONG, H. – *Têxteis Técnicos Materiais do Novo Milénio*: Volume I Visão Geral, Williams Lda (editora), 2000;
- [7] MELO E CASTRO; ARAÚJO, Mário de; “*Manual de Engenharia Têxtil*”; VOL I Fundação Caloust Gulbenkian; 1986
- [8] EVANS, R., “*Method, Machine and Diagonal Pattern for Three-Dimensional Flat Panel Fabric*”, U.S. Patent 5,791,384, August 11, 1998.
- [9] RUSSEL, S., “*Handbook of Nonwovens*”, Woodhead Publishing in Textiles, 2006
- [10] VASILE, Simone; LANGEHOVE, Lieva Van; MEULEMEESTER, Simon de; “*Effect of production process parameters on different properties of a Nonwoven spacer produced on a 3D Web Linker*”, December 2006
- [11] www.karl-mayer.de
- [12] www.dilo.de
- [13] www.santex-group.com
- [14] KO, Frank K.; “*Seminar in Honor of Professor Robert Koerner*” September 13, 2004

[15] **EVANS, R.**, “Method and Machine for Three-Dimensional Fabric with Longitudinal Wires”, U.S. Patent 5,720,320, February 24, 1998.

[16] **ONAL, L.**, and **ADANUR, S.**, “Analysis of a Novel 3D Hybrid Woven/Knitted Fabric Structure, Part I: Geometric Model and Verification”, Textile Research Journal, 74(9), 827-832, September 2004.

[17] **ADANUR, S.**, and **ONAL, L.**, “Analysis of a Novel 3D Hybrid Woven/Knitted Fabric Structure, Part II: Mechanical Model to Predict Modulus and Extension”, Textile Research Journal, 74(10), 865-871, October 2004.

[18] **HEARLE**, First world Conference on 3D fabrics, Manchester April 2008.

[19] **BESKISLY, B.; NIED, H. F.**; Mechanical Engineering and Mechanics; Lehigh University; 13 March 2009.

[20] **CALLISTER JR., W.D.**, “*Materials Science and Engineering and Introduction*”, 3rd edition, John Wiley & Sons (1994).

[21] “*10 Examples Of High Performance Fibers*”, O Textile: Canadian Textile Journal Revue Canadienne du Textile Sep/Oct 2006.

[21] **TONG L; MOURITZ AP; BANNISTER MK** “*3D Fiber Reinforced Polymer Composites*”; ELSEVIER Science Ltd; 2002.